Vorlesungen

über die

Astronomie,

zur Belehrung derjenigen, denen es an mathematischen Vorkenntnissen fehlt.

Von

H. W. Brandes,

Professor in Leipzig.

Zweiter Theil.

Mit Kupfern.

Leipzig,

bei G. J. Göschen. 1827.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorrede.

Es wird wohl kaum einer Entschuldigung bedürfen, daß ich statt einer nöthig gewordenen neuen Auflage der Briefe über die Astronomie eine andre Art des Vortrags gewählt habe. Wenn man sein eignes Werk zum dritten Male nach einem Zeitraume von 15 Jahren wieder überarbeitet, so ist es wohl natürlich, daß man mit manchem Einzelnen nicht mehr ganz zufrieden ist, und sich einbildet, man werde in einer neuen Darstellung seinen Zweck noch besser erreichen, — wenigstens war das der Grund, warum ich diese gänzliche Umarbeitung versucht habe. Indeß glaubte ich, da meine frühere Arbeit mit dem Beifall des Publicums beehrt worden ist, den dort befolgten Plan auch jetzt im Auge behalten zu müssen, und habe daher auch in diesem veränderten Vortrage eben so wenig Vorkenntnisse vorausgesetzt und eben die einfache, möglichst verständliche und doch nicht allzu

oberflächliche Darstellung beizubehalten gesucht, die ich dort mir zum Ziele gesetzt hatte.

Die Kupfertafeln aus den Briefen sind beibehalten worden, theils weil nach der Natur der Sache doch seh nahe übereinstimmende wieder erforderlich gewesen wären, theils um den Preis dieses Buches etwas zu vermindern. Das Inhaltsverzeichniß ist so eingerichtet, daß es zugleich, als ein ziemlich vollständiges Register über alle vorkommenden Kunstausdrücke, zum Nachschlagen dienen kann; und aus diesem Grunde ist es weitläuftiger, als für eine bloße Anzeige des Hauptinhaltes nöthig wäre. Daß ich mich bemüht habe, die neuesten Entdeckungen anzuführen und zu erklären, versteht sich so sehr von selbst, daß ich es kaum zu bemerken brauche.

Möge es mir gelungen seyn, auch in dieser Darstellung den Wünschen billiger Leser Genüge zu leisten, und möge meine Arbeit beitragen, die Kenntniß derjenigen Wissenschaft, die für Verstand und Gemüth so ungemein viel Befriedigendes gewährt, weiter zu verbreiten.

Leipzig d. 18. Januar 1827.

H. W. Brandes.

I n h a l t.

Erste Vorlesung. Einleitung. Seite 1 — 8

Zweite Vorlesung. Auf- und Untergang der Gestirne. Fixsterne. Umdrehung der Himmelskugel. Pol. Polarstern. Aequator des Himmels. Erscheinungen der täglichen Bewegung der Himmelskugel in andern Gegenden der Erde. Zenith. Gegenden unter dem Aequator, und unter dem Pole. Das Mittagsfernrohr. Verticallinie. Parallelkreis. Meridian. Mittagskreis. Der Meridiankreis. Niveau. Wasserwage. Verticalkreis. Parallactisches Fernrohr. S. 9 — 23.

Dritte Vorlesung. Die Erde ist keine Ebne. Bestimmung der Krümmung der Erde. Polhöhe. Kugelgestalt der Erde. Bestimmung ihrer Größe. Sphäroidische Gestalt der Erde. Ihr Durchmesser in Fußen. S. 24 — 35.

Vierte Vorlesung. Durchgang der Sterne durch den Meridian. Geographische Länge und Breite. Pole und Aequator der Erde. Ungleiche Größe der Längengrade. Längenunterschied in Zeit und im Bogen. Erster Meridian. Unterschied zwischen Breite und Polhöhe auf der sphäroidischen Erde. Gebrauch der künstlichen Erdkugel. Antipoden. Gebrauch der künstlichen Himmelskugel. S. 36 — 45.

Fünfte Vorlesung. Eigne Bewegung des Mondes. Eigne Bewegung der Sonne. Ungleiche Erscheinung der Sterne in verschiedenen Jahreszeiten. Die Sonne im Widder u. s. w. Sonnenbahn am Himmel. Ecliptik. Die 12 Zeichen des Thierkreises. Nachtgleichen. Aequinoctien. Aequinoctialpunkte. Solstitien. Erscheinungen der Sonne in verschiedenen Gegenden der Erde. Zonen der Erde. Wendekreise. Polarkreise. Seite 46 — 55.

Sechste Vorlesung. Atmosphäre der Erde. Bestimmung ihrer ungleichen Dichtigkeit. Barometer. Brechung der Lichtstrahlen. Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Refraction. S. 56 — 64.

Siebente Vorlesung. Darstellung der Erscheinungen der Sonne an der künstlichen Himmelskugel. Declination der Sonne. Zeichen der Ecliptik. Höhe und Azimuth der Sonne. Dämmerung. Helle Nächte. Zenithdistanz. Abweichung. Declination. Gerade Aufsteigung. Rectascension. Declinationskreis. Breite und Länge der Gestirne. Rückgehen der Nachtgleichen. Präcession. Wendekreise. S. 65 — 72.

Achte Vorlesung. Weg des Mondes an der Himmelskugel. Phasen des Mondes. Neumond. Mondesviertel. Vollmond. Sonnenfinsternisse. Knoten der Mondbahn. Totale, partiale, ringförmige Sonnenfinsternisse. Mondfinsternisse. Verschiedene Stellungen des Mondes nach Verschiedenheit der Jahreszeiten. Warum der Mond am Horizont größer erscheint. S. 73 — 83.

Neunte Vorlesung. Ungleiche Erscheinung der Sonnenfinsternisse in verschiedenen Standpunkten. Bestimmung der Finsternisse nach Zollen. Sternbedeckungen. Parallaxe. Horizontalparallaxe. Höhenparallaxe. Aequatorealparallaxe. Längenbestimmung durch den Mond. Chronometer. Die Planeten. Sie sind dunkle Körper. S. 84 — 95.

Vier und dreißigste Vorlesung. Mars. Schnee auf dem Mars. Wolkenzüge und Winde. Ueber seine Gestalt. Ceres, Pallas, Juno, Vesta. Entdeckungsgeschichte. Ob sie aus einem größern Planeten entstanden sind. Ihre geringe Größe. Asteroiden. S. 101 — 112.

Fünf und dreißigste Vorlesung. Jupiter. Streifen auf seiner Oberfläche. Veränderliche Lage seiner Flecken. Strahlenbrechung in seiner Atmosphäre. Mannigfaltige Erscheinungen, welche die Monde dem Jupitersbewohner darbieten. Größe dieser Monde. Sie wenden dem Jupiter immer dieselbe Seite zu. S. 113 — 126.

Sechs und dreißigste Vorlesung. Erscheinungen, welche der Ring des Saturn den Saturnsbewohnern darbietet. Streifen und andre Erscheinungen auf dem Saturn. Seine Monde. Auch sie kehren immer dieselbe Seite gegen ihren Hauptplaneten. Ihre Größe. S. 126 — 136.

Sieben und dreißigste Vorlesung. Verschiedene Erscheinungen des Saturnsringes; sein mehrmaliges Verschwinden, wenn Sonne und Erde durch seinen Knoten gehen. Größe der Ringe. Schröters Beobachtungen, die gegen die Rotation des Ringes streiten. Gründe für die Rotation. Olbers Erklärung der Schröterschen Beobachtungen. Uranus. Jahrszeiten auf dem Uranus. Seine Monde. S. 137 — 150.

Acht und dreißigste Vorlesung. Besorgnisse bei der Erscheinung der Cometen. — Gründe, warum der Comet von 1811

drei verschiedene Perioden seiner Sichtbarkeit hatte. Stellungen des Cometen von 1825. Ueber die ungleiche Lichtstärke eines Cometen nach seinen verschiedenen Stellungen. Ueber das Aufsuchen der Cometen. — Große Ungleichheit der Bahnen der Cometen. Große Wechsel der Erleuchtung, denen fast jeder Comet unterworfen ist. S. 150 — 160.

Neun und dreißigste Vorlesung. Von den Schweifen der Cometen. Bewegung der einzelnen Schweiftheilchen; Bestimmung der gleichzeitigen Lage mehrerer Theilchen und der Form des Schweifes. Wie die Theorie in Hinsicht auf Form und Größe des Schweifes mit der Beobachtung übereinstimmt. S. 161 — 169.

Vierzigste Vorlesung. Nachrichten von allen besser beobachteten großen Cometen. — Ob der Kern des Cometen ein fester Körper ist? Größe der beobachteten Cometenkerne. S. 170 — 181.

Ein und vierzigste Vorlesung. Ueber die Erscheinungen in der den Cometen zunächst umgebenden Atmosphäre. Ueber die Ursachen der bald mehr bald minder starken Krümmung des Schweifes. Cometen mit zwei Schweifen. Gegen die Sonne gekehrter Schweif. Hohle Schweifconoide. S. 181 — 194.

Zwei und vierzigste Vorlesung. Laplace's und Herschels Meinungen über die Bildung der Cometen-Atmosphären, und über die allmählige Ausbildung dieser Körper selbst. Von den vier Cometen, deren Umlaufszeit man kennt. — Widerstand im

Aether. Geringer Abstand der einen Cometenbahn von der Erdbahn. S. 194 — 201.

Drei und vierzigste Vorlesung. Die Fixsterne sind Sonnen. Ihre große Entfernung photometrisch bestimmt. Parallaxe der Fixsterne. Wie man sie an zwei in derselben Richtung stehenden, ungleich entfernten Sternen beobachten könnte. Beobachtung der Parallaxe mit feststehenden Instrumenten. Bradley's, Brinkley's und Ponds Beobachtungen. S. 201 — 209.

Vier und vierzigste Vorlesung. Wie man die Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtungen gefunden hat. Aberration oder Abirrung des Lichtes. S. 210 — 218.

Fünf und vierzigste Vorlesung. Eigne Bewegungen der Fixsterne. Wie man in ihnen die eigne Bewegung unsrer Sonne erkennen könnte. — Verschiedener Glanz der Sterne. Veränderliche Sterne. Neue Sterne. S. 219 — 228.

Sechs und vierzigste Vorlesung. Doppelsterne. Ihre gemeinschaftliche eigne Bewegung; ihre Bewegung um einander, und ihre Umlaufszeiten. Drei Sterne zu einem Systeme vereinigt. — Ueber die Anordnung des ganzen, uns umgebenden Sternenheers. Sternzählungen. Bestimmung der Lichtstärke einzelner Sterne. — Als Anhang ein Brief von Olbers. S. 229 — 243.

Sieben und vierzigste Vorlesung. Bestimmung der Entfernung der Sterne nach ihrem Glanze. Größe des im Perseus liegenden Sternhaufens. Bestimmung der Größe unsers Sternsystems durch Abzählung. Herschels Darstellung eines

Bestimmung der Bewegung in gegebenen parabolischen Bahnen. Regeln für die Bestimmung der wahren Bahn eines beobachteten Cometen. S. 234 — 247.

Fünf und zwanzigste Vorlesung. Störungen, wodurch die Bahn des Cometen von 1770 verändert wurde. — Der Enckesche Comet. Ueberblick der bisher gewonnenen Kenntnisse. S. 248 — 255.

Einleitung.

dern etwas viel Schwierigers; — wir wollen Gegenstände sehen, die unser Auge nicht erreicht, wir wollen Gegenstände beurtheilen, die vielleicht denen auf der Erde ganz unähnlich sind; und wir sind daher hier weit mehr in Gefahr, sowohl durch unser Auge, welches die Gegenstände nur unvollkommen erkennt, als durch unsre Phantasie, die auch auf andern Weltkörpern irdische Gegenstände uns vorbildet, getäuscht zu werden. Zu hoch dürfen Sie daher die Hoffnungen nicht spannen, wenn es darauf ankömmt, jene entfernte Welten näher kennen zu lernen; aber überzeugen werden Sie Sich doch, daß unsre Wißbegierde auch hier mannigfaltige Befriedigung erhält, und daß künftige Zeiten wohl manche Frage werden beantworten können, die wir jetzt noch unbeantwortet lassen müssen.

Den kühnen Gedanken, zu sehen, was dort, in einer Entfernung von Tausenden, ja von Millionen Meilen, die Natur auf den einzelnen Weltkörpern bewirke, welche Veränderungen sich dort zutragen, konnte der Mensch nicht eher fassen, bis das Fernrohr ihm ein Mittel, das natürliche Sehen zu verstärken, dargeboten hatte. Jetzt schien es, thue sich selbst die entlegenste Ferne seinem Blicke auf, und eine stets wachsende Vervollkommnung der Kunst, Fernröhre zu verfertigen, werde selbst das bis dahin Unglaubliche möglich machen. — Wir wollen überlegen, wie weit diese Hoffnungen gegründet sind, und dann die Beobachtungen fragen, wie weit sie erfüllt sind.

* * *

Das Fernrohr zeigt uns entfernte Gegenstände vergrößert, oder so, als ob sie uns viel näher gerückt wären. Dieß geschieht dadurch, daß wir vermittelst eines convexen Glases, welches das Objectivglas heißt, ein Bild des Gegenstandes darstellen, und dieses durch ein Vergrößerungsglas betrachten. Um dieß genauer zu verstehen, müssen Sie von dem Versuche ausgehen, wo ein gewöhnliches Brennglas, ein an beiden Seiten erhaben geschliffenes Glas, AB, (Tab. I. Fig. 1.) von dem Gegenstande MP ein umgekehrtes Bild NO darstellt, und dieses Experiment können Sie leicht Abends mit einer Lichtflamme

in MP, am Tage durch die hell erleuchteten Fenster und andre Gegenstände anstellen, wenn Sie in ON eine weisse Tafel aufstellen, um das Bild aufzufangen. Das Bild entsteht hier aus der Vereinigung aller von einem Punkte des Gegenstandes ausgehenden Strahlen in einem einzigen Punkte. In unserm Auge, wo ein dem convexen Glase ähnlicher Körper, der Crystall im Auge, eine eben solche Brechung der Strahlen bewirkt, bildet sich eben so der Gegenstand auf dem Netzhäutchen ab, und wir sehen den Gegenstand, wenn das dort dargestellte Bild vollkommen deutlich, wenn es hell genug, und wenn es nicht allzu klein ist. Ein Gegenstand, den wir sehr nahe an das Auge bringen, erscheint uns unter einem sehr großen Sehewinkel, aber er erscheint uns nicht deutlich, weil das auf der Netzhaut im Auge dargestellte Bild grade auf dieselbe Weise undeutlich wird, wie Sie es mit einem Converglase beobachten können, wenn Sie die weisse Fläche, auf welcher Sie das Bild deutlich sahen, dem Glase mehr nähern oder sie weiter von demselben entfernen; und darum nützt es uns, wenn wir sehr kleine Gegenstände erkennen wollen, nicht, wenn wir sie zu nahe an das Auge bringen. Wie man diese Undeutlichkeit aufheben, und dennoch den Gegenstand so groß sehen kann, als ob er sehr nahe gerückt wäre, will ich sogleich angeben, und zuvor nur noch bemerken, daß ein gewisser Grad der Erleuchtung des Bildes im Auge nöthig ist, und daß eine gewisse Größe des Bildes nöthig ist, wenn wir den Gegenstand deutlich erkennen sollen. Unser Auge ist so eingerichtet, daß die farbige Haut, welche den Crystall zum Theil bedeckt, um bei starkem Lichte den zu starken Eindruck zu mäßigen, sich zurückzieht, und die Oeffnung, die Pupille des Auges, vergrößert, wenn das auffallende Licht schwach ist; wegen dieser größern Oeffnung fallen alsdann mehr Lichtstrahlen auf den Crystall, und wir sehen daher, wenn wir lange im Dunkeln gewesen sind, vorzüglich aus diesem Grunde, (theils freilich auch, weil die von stärkerm Lichte zu sehr gereizte Netzhaut erst nach längerm Verweilen im Dunkeln für schwaches Licht empfänglicher wird,) die Gegenstände nach und nach immer heller; — wir würden noch besser im Dunkeln

sehen, wenn wir künstliche Mittel auffänden, um das, unser Auge treffende, Licht auf eine angemessene Weise zu vermehren, und dadurch die Erleuchtung des Bildes im Auge zu verstärken. Daß das Bild im Auge auch eine gewisse Größe haben muß, um uns eine deutliche Empfindung zu gewähren, ist bekannt; denn kleine oder entfernte Gegenstände werden uns ja nur wegen des zu kleinen Sehewinkels, weil das Bild im Auge allzu klein wird, endlich unkenntlich.

Wenn Sie den Versuch mit dem durch das convexe Glas dargestellten Bilde wiederholt anstellen, so werden Sie Sich leicht überzeugen, daß das Bild auf der weissen Fläche undeutlich wird, sobald sie den Gegenstand näher oder wieder nahe an das Glas bringen, indem sehr entfernte Gegenstände in geringerer Entfernung vom Glase ein deutliches Bild geben, nähere Gegenstände in größerer Entfernung vom Glase; und hieraus werden Sie leicht begreifen, daß bei der geringen Veränderlichkeit, welche in unserm Auge die Stellung des Crystalls und der Netzhaut gegen einander allenfalls nur gestattet, das Bild auf der Netzhaut undeutlich werden muß, wenn die Gegenstände sehr nahe rücken, da es deutlich ist für mittlere und große Entfernungen. Ein gesundes Auge sieht deutlich, wenn die Gegenstände mehr als 8 Zoll vom Auge entfernt sind, und besitzt die Fähigkeit, bei größerer Entfernung des Gegenstandes, die kleinen Aenderungen anzunehmen, die nöthig sind, um auch da ein deutliches Bild auf der Netzhaut zu erhalten; wollen wir aber sehr nahe Gegenstände deutlich sehen, so müssen wir künstliche Hülfsmittel anwenden, damit die Lichtstrahlen unser Auge so treffen, als ob sie von einem ziemlich entfernten Punkte herkämen, das heißt, die auf verschiedene Punkte des Auges fallenden, von einerlei Punkte ausgehenden Strahlen, müssen das Auge fast in paralleler Richtung treffen. Dieß bewirkt das einfache Vergrößerungsglas; denn, wenn (Tab. II. Fig. 1.) a der Punkt ist, wo Lichtstrahlen, die von einem sehr entfernten Punkte herkommen, also auf das Glas CD parallel auffallen, sich sammeln, mit andern Worten, wenn a der Brennpunkt des Glases ist, so werden umgekehrt auch die von a ausgehenden Strahlen im

Glase CD so gebrochen, daß sie parallel ausfallen, und ein Auge in E sieht den Punkt a durch das Glas deutlich, weil es von parallelen Strahlen ein deutliches Bild auf der Netzhaut empfängt. Aber das Auge in E sieht auch den Gegenstand vergrößert oder unter einem größern Sehewinkel; denn die von b ausgehenden Lichtstrahlen werden so gebrochen, daß sie mit PR parallel ausfallen, die von c ausgehenden, so daß sie mit PS parallel ausfallen, und die Richtung dieser Strahlen, welche das Auge E treffen, ist also so verschieden, wie es der Winkel bPc angiebt, wenn P in der Mitte des Glases liegt, das heißt, wir sehen den Gegenstand so groß, wie ein Auge an der Stelle des Glases ihn sehen würde, und dennoch sehen wir ihn deutlich, weil die von einerlei Punkte b ausgehenden Strahlen unser Auge so treffen, wie es ohne Hülfe des Glases nur bei entfernten Gegenständen der Fall ist. Doch es ist vielleicht unnöthig, dieß umständlich zu erklären, da der Versuch am besten zeigt, daß der Gegenstand bc desto stärker vergrößert erscheint, je kleiner die Brennweite des Glases ist, oder je näher wir ihn an das Glas bringen müssen, um ein deutliches und vergrößertes Bild von ihm zu sehen.

Nach dieser Vorbereitung kann ich nun wohl auf das Fernrohr zurückkommen. Wenn (Tab. I. Fig. 2.) Lichtstrahlen von sehr entfernten Gegenständen auf die Glaslinse AB auffallen; so müssen wir im Brennpunkte D die Tafel, die das Bild empfangen soll, aufstellen, und es entsteht auch hier ein umgekehrtes Bild DH des Gegenstandes. Stellt nämlich GO einen vom obern Sonnenrande, CO einen vom untern Sonnenrande kommenden Lichtstrahl vor, die beide durch die Mitte des Glases gehen, so bildet sich der obere Sonnenrand in H, der untere Sonnenrand in D ab, und da GOC der Sehewinkel ist, unter welchem uns die Sonne erscheint, so ist das Bild DH so groß, wie es dem Sehewinkel, der eben so groß als DOH ist, und der Brennweite OD angemessen ist. Je größer also die Brennweite ist, desto größer wird auch das Bild desselben Gegenstandes; aber desto schwächer ist auch die Erleuchtung dieses Bildes, oder desto minder hell erscheint

den Gesetzen ihrer Erscheinungen, und keine Zeit wird hinreichen, alle ihre Tiefen zu durchforschen.

Unter den Gegenständen aber, welche die Natur uns darbietet, verdient der Sternenhimmel wohl unbedenklich den ersten Platz. Ich könnte hier schweigen, denn das, was ich nur in matten Zügen schildern kann, liegt ja offen vor Ihnen, und darum führte ich Sie in diese schöne Sternennacht heraus, damit die Empfindungen, die sich in schwachen Worten nur andeuten lassen, durch das, was diese schöne Nacht Ihnen zeigt, Ihrem Geiste nahe seyn möchte; aber Sie haben mich aufgefordert zu reden, und ich wage es daher, in wenigen Worten das zu wiederholen, was in diesem Augenblicke oder in ähnlichen Augenblicken, am besten in der Stille der Einsamkeit, sich unserm Gemüthe aufdrängt.

Als wir heute diesen schönen Standpunkt betraten, brachen wir da nicht alle in das Lob dieser herrlichen Mainacht aus? — Welche Stille, welche milde Luft! — Sind es die Blüthendüfte, die von den blühenden Bäumen zu uns herauf steigen, oder ist es die milde Kühle der Nacht, die so belebend auf uns wirkt? — so redeten wir uns einander an. — Wir wurden still, um die feierliche Stille, die uns umgab, ruhiger zu genießen, dem leisen Rauschen der Bäume und dem Gesange der Nachtigall zu horchen. Da zogen die fernen Blitze, die prachtvoll am äußersten Horizonte hervorleuchten, unser Auge auf sich; — das erhabenste Schauspiel, was die Erde darzubieten vermag, in seiner ganzen Feierlichkeit, und doch mit einer milden Stille, ehrfurchtgebietend, aber nicht schreckend, lag vor uns da, und forderte uns zu Betrachtungen auf, reich genug um uns aufs würdigste zu beschäftigen. Aber dennoch konnten diese schönsten unter den irdischen Erscheinungen unsre Blicke und unsre Gedanken nicht lange fesseln, da sich unserm Auge etwas Größeres darbot. Der Mond ging unter, und nun erst traten aus dem mitternächtlichen Dunkel die Sternenheere in aller ihrer Pracht hervor; jeder neue Blick schien tiefer in den unendlichen Raum einzudringen, und neue zahllose Weltenheere uns zu enthüllen. Wer zählt ihr mächtig Heer! Ist nicht der Welten mehr, als des Sandes! —

Käme es auf die Vergrößerung allein an, so müßte man dem Objectiv AB eine recht große Brennweite und dem Ocular P eine möglichst kleine Brennweite geben; denn wenn des Objectivs Brennweite OD 20 Fuß oder 2880 Linien betrüge, die Brennweite DP nur eine Linie, so hätte man eine 2880 malige Vergrößerung; und so könnte man glauben, daß sich die Vergrößerung bis ins Unglaubliche steigern lasse. Aber dieser starken Vergrößerung stehen unübersteigliche Hindernisse entgegen. Ich will zuerst nur von dem geringeren Hindernisse, weil dieses mit den eben erläuterten Betrachtungen zusammenhängt, reden, nämlich davon, daß bei so starker Vergrößerung die Lichtstärke allzu geringe wird. Die bestimmte Lichtmenge, welche zu Erleuchtung des Bildes DH dient, geht durch das Glas P auf das Auge über, und bewirkt dort die Erleuchtung des Bildes im Auge; je stärker nun die Vergrößerung ist, auf einen desto größern Theil der Netzhaut wird diese Lichtmenge ausgetheilt, und es erhellt leicht, daß eine Lichtmenge, die bei hundertmaliger Vergrößerung zugereicht hätte, um das Auge noch lebhaft zu rühren, hiezu lange nicht mehr zureichen wird, wenn man eine 2800 malige Vergrößerung angebracht hätte, oder dieselbe Lichtmenge auf einen so sehr vielmal größern Theil der Netzhaut wirken ließe. Man bemerkt diese Abnahme des Glanzes der Gegenstände, wenn man bei einerlei Objectiv den Mond oder einen Planeten mit immer stärkern Vergrößerungen beobachtet, und wird da leicht gewahr, daß man die Grenzen der Vergrößerung, die einem bestimmten Fernrohre angemessen ist, gar wohl überschreiten könnte; — bei irdischen Gegenständen kann man eben die Bemerkung machen. Um also starke Vergrößerung gebrauchen zu können, muß auch das Objectiv groß seyn und das Bild recht viel Licht erhalten. So große Objective aber, wenn sie auch sonst ohne Fehler zu erhalten wären, kann man schon wegen der Schwierigkeit ungemein große Gläser zu erhalten, nicht gut anwenden, und hierin lag ein Grund, warum Herschel die Spiegeltelescope vorzog. Ein Hohlspiegel AB, (Tab. I. Fig. 5.) stellt, eben so wie das convexe Linsenglas, im Brennpunkte des Spiegels ein Bild EH des Gegenstandes dar; denn die Lichtstrahlen CD, IG,

Diese Lehren beruhen auf so einfachen Gründen; die Folge der Schlüsse ist so natürlich, daß sie sich selbst dem als wahr und sicher zeigen, der keine mathematischen Kenntnisse besitzt. Kann dieser gleich nicht sich auf die Untersuchung einlassen, ob die Zahlen strenge richtig sind, welche der Astronom ihm angiebt, so wird er doch unbedenklich einräumen, daß die Bestimmung auf richtigen und verständlichen Gründen beruhe; er wird vielleicht fragen, ob denn die Beobachtung eine so große Schärfe erlaube, ob das Resultat der Rechnung strenge genau oder nur annähernd sey; aber ein Zweifel, ob der Astronom uns die Gesetze der Erscheinungen richtig angebe, ob wirklich das Weltgebäude so angeordnet sey, ob wir seine Größe auszumessen und seine Anordnung zu übersehn vermögen, wird ihm kaum übrig bleiben, weil er die Gründlichkeit der Schlüsse beurtheilen kann und sie anerkennt.

Um aber zu dieser Einsicht zu gelangen, müssen wir von der einfachsten Beobachtung der Gestirne anfangen; müssen nach und nach die Fragen aufwerfen, die sich dem Beobachter darbieten; müssen selbst aus den Beobachtungen uns die Antworten auf diese Fragen entwickeln: — dann wird es uns nicht schwer seyn, das gleichsam selbst aufzufinden, was wir als System der Astronomie aufzustellen pflegen.

Ich bin überzeugt, daß Sie diesen Untersuchungen nicht ohne lebhafte Theilnahme folgen werden; und wenn es mir gelingt, sie Ihnen mit der Einfachheit und Klarheit zu entwickeln, deren diese Entwickelung fähig ist, so hoffe ich, werden Sie theils in den Gesetzen und in der Ordnung, welche wir in den Bewegungen der Himmelskörper entdecken, theils in dem Scharfsinne, mit welchem man zu Entdeckung derselben gelangt ist, einen reichen Stoff zu der angenehmsten und würdigsten Unterhaltung finden.

Darstellung

der

scheinbaren Bewegung der Himmelskörper,

und der daraus unmittelbar hervorgehenden Folgerungen.

Sphärische Astronomie.

Die heitre Welt der Wunder ists allein,
Die dem entzückten Herzen Antwort giebt,
Die ihre ew'gen Räume mir eröffnet,
Mir tausend Zweige reich entgegen streckt,
Worauf der trunkne Geist sich selig wiegt.

Schiller.

Zwelte Vorlesung.

Die erste Erscheinung, welche sich dem Beobachter des Himmels darbietet, ist der Aufgang und Untergang der Gestirne. Nicht bloß die Sonne und der Mond kommen zu bestimmten Zeiten im Osten über dem Horizonte hervor, und entziehen sich in Westen unserm Auge wieder, sondern auf ähnliche Weise sehen wir in jeder Stunde der Nacht neue Sterne über dem östlichen Horizonte hervorkommen, während andre in Westen sich hinter der Erde verbergen, oder durch die Gegenstände, welche dort den Gesichtskreis begrenzen, verdeckt werden. Aber hiebei zeigen sich mancherlei Ungleichheiten, welche Sie, da Ihnen die Himmelsgegenden hinreichend bekannt sind, leicht selbst beobachten können. Richten Sie Ihre Aufmerksamkeit auf einen ziemlich genau in Osten aufgehenden Stern: so sehen Sie ihn allmählig höher steigen, nach Süden zu fortrücken, und im Süden seine höchste Stellung erreichen, Sie sehen ihn dann gegen Westen herabwärts gehen, und in Westen sich unter die Grenze des Gesichtskreises oder unter den Horizont verlieren. — Beobachten Sie dagegen einen in Südost aufgehenden Stern, so bemerken Sie, daß auch er im Süden am höchsten steht, aber nicht die Höhe wie der vorige erreicht, und daß er in Südwesten untergeht; Sie bemerken, daß er weniger lange als jener über dem Horizonte verweilt, und daß die Dauer seines Verweilens über dem Horizonte desto kürzer ist, je näher dem Südpunkte er aufgeht und je geringer die Höhe ist, zu welcher er sich erhebt. — Sterne dagegen, die in Nordost aufgehen, beschreiben einen sehr hohen und weiten, erst in Nordwest

mit unsern Fernröhren, vom Monde aus, die Erde beobachteten.

Herschel bemerkt, daß eine sehr kleine Kugel, von Siegellack, die so entfernt war, daß sie dem bloßen Auge ⅔ Sec. groß im Durchmesser hätte erscheinen müssen, also mit bloßen Augen und mit schwacher Vergrößerung durchaus nicht wahrgenommen werden konnte, durch das zehnfußige Spiegeltelescop bei 432maliger Vergrößerung als Kugel erschien, statt daß 300malige Vergrößerung noch kein sichres Urtheil über ihre Gestalt zuließ. Ein Silberkügelchen erschien bei 432maliger Vergrößerung schon als rund, obgleich es so klein war, daß es dem bloßen Auge nur, als ⅛ Secunde im Durchmesser haltend, hätte erscheinen können, und wenn dieses Kügelchen bei dunkelm Himmel, wo die schwach erleuchtete Erde nicht viel zu Erleuchtung desselben beitrug, durchs Fernrohr angesehen wurde, so sah man die obere erleuchtete Seite sich, wie einen halben Mond, von der unerleuchteten unteren Seite unterscheiden. Kügelchen aus einer wenig Licht zurückwerfenden Materie mußten größer seyn, wenn man mit eben der Vergrößerung ihre Gestalt erkennen sollte; und wir können daher nach diesen Versuchen höchstens annehmen, daß bei 600maliger Vergrößerung ein nicht ganz besonders ausgezeichneter Gegenstand erkannt werden kann, der sich dem bloßen Auge als ⅕ Sec. im Durchmesser haltend darstellt, weil Gegenstände, dem Silberkügelchen gleich, nur selten sich unsrer Beobachtung darbieten. Ein Gegenstand, der ⅕ Sec. scheinbaren Durchmesser darbietet, ist eine Millionmal so entfernt, als sein wahrer Durchmesser, und hiernach zu urtheilen, müßte eine Kugel von 3 Fuß im Durchmesser noch auf 100 Meilen Entfernung sichtbar seyn, und eine von der Sonne erhellte Kugel, so groß als unser Mond, könnte noch in 9000 mal so großer Entfernung, als die des Mondes, von uns erkannt werden, wenn er nur hinreichend erleuchtet wäre. *)

*) Nach Schröters Angabe können Fernröhre noch mehr leisten; denn mit 95maliger Vergrößerung las er unbekannte Schrift, wo die Buchstaben 1 Linie groß waren, in 1500 Fuß Entfernung; daraus und

Daß die Erfahrung diese auf entfernte Gegenstände auf der Erde angewandte Behauptung nicht bestätiget, darf uns nicht befremden; denn da wir jeden irdischen Gegenstand durch die Luft sehen, die nur den geringsten Theil der Lichtstrahlen durchläßt, so ist es ganz einleuchtend, daß ein sehr entfernter Gegenstand uns bei so kleinem Sehewinkel nicht sichtbar werden kann, als der nähere, der uns sein Licht fast ganz ungeschwächt zusendet. Eben das findet auch in etwas verminderntem Grade bei den Gestirnen statt, und auch da ist es also nicht mehr möglich, einen Körper, unserm Monde gleich, selbst wenn er gut erleuchtet ist, in 9000 mal so großer Entfernung, das ist etwas jenseits des Uranus, noch deutlich als Kugel zu erkennen, sondern die Grenze der Sichtbarkeit mit jenem Fernrohre möchte wohl bedeutend geringer seyn.

Könnte ein Mondbewohner wirklich Gegenstände auf der Erde noch erkennen, wenn sie einen Sehewinkel von $\frac{1}{5}$ Sec. darböten, so würden, da der Mond ungefähr 50000 Meilen, oder 50000 mal 24000 Fuß entfernt ist, Gegenstände von 1200 Fuß im Durchmesser doch ungefähr die kleinsten seyn, die er vollkommen deutlich erkennen könnte. Aber diese Gegenstände müßten zugleich sich durch ihr Licht oder durch ihre Dunkelheit so von den sie umgebenden Gegenständen unterscheiden, daß dieser Unterschied das Auge recht lebhaft rührte, und da dieß wohl nur bei wenigen Gegenständen hinreichend der Fall ist, so würde eine Stadt auch von 12000 Fuß Durchmesser vielleicht noch nicht von der umgebenden Ebne, auf welcher Waldungen und Anhöhen mannigfaltige Schattirungen bewirken, zu unterscheiden seyn.

Wenn wir auf der Erde in eine Entfernung von 20 Meilen hinaus sehen, so scheint es uns schon viel, wenn wir an

---

aus ähnlichen Bestimmungen berechnet er, daß 210malige Vergrößerung zureiche, um auf dem Monde Gegenstände von 900 Fuß Durchmesser zu sehen, und Gegenstände von 4000 Fuß Durchmesser deutlich zu erkennen; aber bei stärkern Vergrößerungen darf man nicht geradezu schließen, daß eine doppelt so starke Vergrößerung einen halb so großen Gegenstand noch deutlich zeige, sondern die Wirkung ist immer etwas geringer als das Maaß der Vergrößerung hoffen ließ.

haben, so wäre es unrecht, wenn wir jetzt schon mehr andeuten wollten, als diese ersten Beobachtungen ergeben. Wir befinden uns jetzt ganz in dem frühesten Kindesalter der Astronomie, wo wir Sonne und Gestirne als im entfernten Ocean weit jenseits der Grenzen bekannter Länder, auf- und untergehend ansehen, und über die wahre Gestalt der Erde und die Entfernung der Gestirne noch keine Fragen aufzuwerfen wagen.

Die Frage aber werfen wir mit Recht auf, ob denn jene Behauptung, daß eine sich drehende Sternkugel alle Erscheinungen erkläre, in strengerem Sinne richtig sey, denn die bisher nur erwähnten, oberflächlichen Beobachtungen können hierüber keine vollkommene Entscheidung geben. Wir wollen, um diese Frage zu beantworten, uns sogleich mit einer Kugel ausrüsten, auf welcher mit einiger Genauigkeit, so gut es möglich seyn mag, die Sterne aufgezeichnet sind; wir wollen sie so befestigen, daß sie sich um eine Axe drehe, deren eines Ende P (Fig. 2.) dem Schwanze des kleinen Bären nahe ist, das andre ihm gegenüber liegt. Bei der Drehung der Kugel um die Axe P S sehen wir dann, daß die dem Punkte P nahe stehenden Sterne kleinere Kreise, die von ihm entfernteren, größere Kreise durchlaufen, und daß derjenige Kreis A Q am größesten ist, der sich in gleichen Entfernungen von beiden Enden der Axe P S befindet. Dieser Kreis heißt der Aequator des Himmels. Da alle Sterne ihren Kreislauf in 24 Stunden vollenden, so muß uns die Bewegung der im Aequator stehenden Sterne am schnellsten erscheinen, und die über den Aequator hinaus, gegen F G zu stehenden Sterne, müssen schon wieder eine langsamere Bewegung haben. Und dieses findet sich in der That so. Wenn man ein Fernrohr so aufstellt, daß es unverrückt die ihm einmal gegebene Stellung behält, so kann man leicht die Zeit beobachten, die ein Stern gebraucht, um das Feld des Fernrohres ganz zu durchlaufen, wenn man das Fernrohr so gestellt hat, daß er durch die Mitte des Feldes rückt. Bei der Beobachtung dieser Zeit, in welcher der eine oder der andre Stern durch das Feld des Fernrohrs geht, findet man

nun sehen, was die Beobachter uns über den Mond mitgetheilt haben.

Wenn man den Mond auch nur mit einem mittelmäßigen Fernrohre beobachtet, so zeigt er sich voll kleiner Flecken, die, wenn wir die Beobachtung um die Zeit der Viertel anstellen, großentheils einen dunkeln Rand neben einer heller erleuchteten Fläche darbieten; der dunkle Rand ist allemal gegen die unerleuchtete Hälfte des Mondes gekehrt, und ist breiter bei den Gegenständen, die der Grenze der Erleuchtung näher liegen. Bedient man sich eines größern Fernrohrs, so sieht man, daß diese schwarzen Ränder Veränderungen leiden, daß sie, wenn die Beobachtung beim ersten Viertel angestellt wird, nach und nach schmäler werden, indem der Gegenstand, an welchem wir sie sehen, seine Entfernung von der Lichtgrenze vermehrt. Sahen wir vorhin einzelne aus diesem dunkeln Rande weiter voraus gegen die Lichtgrenze zu vorspringende dunkle Spitzen, so kürzen diese sich nach und nach merklich ab, und obgleich der helle Fleck, wenn er einmal mitten auf der Mondscheibe ist, auch mitten auf derselben bleibt, so verliert sich doch sein dunkler Rand immer mehr, je mehr, von einem Tage zum andern, sich der Mond der völligen Erleuchtung nähert.

Es bedarf keiner langen Beobachtung, um uns zu belehren, daß diese dunkeln Ränder Schatten sind, und daß also die glänzenden Flecke, mit denen sie verbunden sind, hohe Gegenstände, Berge seyn müssen. Wenn die Lichtgrenze nahe an einem solchen Berge vorbeigeht, so ist für diesen die Sonne erst kürzlich aufgegangen, wenn die Beobachtung vor dem Vollmonde angestellt wird, und dagegen ist die Sonne dort dem Untergange nahe, wenn wir den Gegenstand nach dem Vollmonde, nahe an der Grenze des erleuchteten und dunkeln Theiles, sehen. Um diese Zeit sind die Schatten sehr lang, wie wir es ja schon aus Erfahrungen auf der Erde wissen; und da die Sonne sich immer mehr dem Zenith des Berges nähert, je mehr die Lichtgrenze sich von ihm entfernt, so müssen zugleich die Schatten sich abkürzen, und endlich ganz verschwinden. Die regelmäßige Erscheinung dieser Schatten überzeugt uns also, daß der Mond Berge auf seiner Oberfläche

Mitte zwischen dem Pole und dem Aequator stehen, so sind alle durchgehende Sterne gleichfalls in der Mitte zwischen Pol und Aequator, und so weiter.

* *

Bisher haben wir die Erscheinungen der Sterne bloß so betrachtet, wie sie sich uns grade auf unserm jetzigen Standpunkte darstellen; aber mit Recht fragen wir, ob denn alle Bewohner der Erde diese Erscheinungen ganz eben so sehen? — Das ist nicht in allen Rücksichten der Fall! — Wenn wir in südlichern Gegenden reisen, so sehen wir zwar die Umdrehung der ganzen Sternenkugel auf eben die Weise; aber der Polarstern und der ihm nahe liegende Pol des Himmels selbst, erscheinen dem nördlichen Horizonte näher; daher gehen manche Sterne unter, die in unsern Gegenden den Horizont nie erreichen. Dagegen sieht man die Sterne, die bei uns nur einen kleinen Bogen am südlichen Himmel durchlaufen, viel höher herauf steigen, und südlich von ihnen erscheinen Sterne, die wir nie zu sehen bekommen. Setzt man diese südwärts gerichtete Reise weiter fort, so gelangt man in eine Gegend, wo der Nordpol ganz zum Horizont herabgesunken ist, wo die Sterne der Jungfrau, des Antinous, die Sterne im Gürtel des Orion, welche alle sich in der Nähe des Aequators am Himmel befinden, nahe am Scheitelpunkte (oder Zenith) vorbeigehen, und wo die Sterne am südlichen Horizonte ihre Stellung eben so langsam ändern, wie die den Nordpol umgebenden Sterne, oder mit andern Worten, wo man den Südpol des Himmels ungefähr im südlichen Horizonte sieht, den Nordpol im nördlichen Horizonte. Diese Gegend, die wir unter dem Aequator liegend, nennen, genießt also des Vorzuges, alle Sterne zu sehen, die es an der Himmelskugel giebt; statt daß es für uns eine Menge nie aufgehender und daher uns ganz unbekannter Sterne giebt, erscheinen sie dort in den verschiedenen Stunden der Nacht alle vom Nordpol bis zum Südpol. Alle verweilen 12 Stunden über dem Horizonte und eben so lange unter dem Horizonte; und es

uns, ganz wie auf der Erde, das Verhältniß der Berghöhe zur Länge des Schattens an; denn wenn CBA (Tab. I. Fig. 6.) der Winkel ist, den die Sonnenstrahlen mit dem Horizonte AB machen, oder CBA der Höhe der Sonne gleich ist, so giebt die Zeichnung an, wie vielmal so groß die Schattenlänge AB ist, als die Berghöhe AC.

Hierin liegt deutlich die Anleitung zu Messung der Berghöhen im Monde, indem sich aus der scheinbaren Länge des Schattens, wegen der bekannten Entfernung des Mondes von uns, die wahre Länge des Schattens, und daraus die wahre Höhe des Berges finden läßt. Indeß ist diese Bestimmung in dem Falle, wo der Berg weit von der Mitte der uns sichtbaren Seite des Mondes entfernt liegt, nicht ganz so leicht. In der Mitte der Mondscheibe trifft unsre Gesichtslinie die Oberfläche des Mondes senkrecht, und wenn (Tab. I. Fig. 6.) AB der wahre Schatten ist, so sind CA, DB, unsre Gesichtslinien, deren Lage sogleich zeigt, daß wir den Schatten auf eine vollkommen richtige Weise sehen. Dieses ist nicht mehr so gänzlich der Fall, wenn wir gegen den Rand des Mondes hin sehen, sondern da ist unsre Gesichtslinie GB (Tab. I. Fig. 7.) schief gegen des Mondes Oberfläche geneigt; und obgleich wir, aus der bekannten Lage der Gesichtslinie gegen die Oberfläche des Mondes, leicht die wahre Länge des Schattens AB herleiten könnten, wenn er uns auch nur so groß als BI erscheint, so wird dieß doch dadurch sehr erschwert, daß wir den Punkt A, den Fuß des Berges, oder eigentlich den Fußpunkt der Verticallinie CA, nicht sehen können, sondern den ganzen, uns dunkel erscheinenden Raum CB als Schatten sehen und abmessen. Die Berechnung der Höhe muß daher hierauf Rücksicht nehmen, und die Höhen lassen sich auch in diesem Falle bestimmen.

Eine besondre Erörterung verdient nun noch die Frage, wie genau denn diese Messung wohl seyn kann.

Die sehr schwarzen Schatten zeichnen sich so auffallend gegen die erleuchtete Mondfläche aus, daß man sie unstreitig als Gegenstände, die eine recht scharfe Beobachtung gestatten, ansehen darf.

Obgleich nun dennoch eine Unsicherheit von wenigstens 500 Fuß über die Länge des Schattens übrig bleibt, so ist doch diese Unsicherheit darum nicht so sehr nachtheilig für die Bestimmung der Berghöhen, weil wir Zeitpunkte zur Abmessung wählen können, wo der Schatten 10 mal und 20 mal so lang ist, als die Berghöhe, und wo also ein Fehler von 1000 Fuß in der Schattenlänge nur 100 Fuß Fehler, und selbst noch weniger, in die Bestimmung der Berghöhe bringt.

Diese Höhen sind nun freilich nur so bestimmt, daß sie von den zunächst am Fuße der Berge liegenden Ebnen an gerechnet werden, und sie geben uns daher keine so gleichförmige Bestimmung für alle Berge, wie wir sie auf der Erde, wo wir die Höhen über der Meeresfläche angeben, erhalten; aber wenigstens reichen sie doch hin, um uns im Allgemeinen deutliche Begriffe von der Oberfläche des Mondes zu geben. Eine etwas nähere Kenntniß der mehr oder minder hohen Lage der größeren Ebnen im Monde können wir aber auch wohl noch zu erlangen hoffen, und dann würde, wenigstens für die Berge, deren Schatten in diese Ebnen fallen, die Höhenbestimmung immer mehr auf eine solche bestimmte Oberfläche, wie es bei uns die Meeresfläche ist, zurückgeführt werden. Der nicht unausführbare Vorschlag von Drobisch, wie man über die ungleiche Höhe der einzelnen großen Ebnen Beobachtungen anstellen könne, besteht in Folgendem. Wäre der Mond eine Kugel, auf welcher keine Berge sich über die Oberfläche erhüben, so würde die Linie, welche den erleuchteten Theil von dem dunkeln Theile trennt, in der Wirklichkeit ein Kreis, in der scheinbaren Mondscheibe, so wie wir sie sehen, eine ovale Linie, eine halbe Ellipse, seyn. Diese Grenzlinie des Lichtes sehen wir nun oft durch Gegenden des Mondes gehend, wo keine erhebliche Berge sie unterbrechen, und die Beobachtung könnte dann wohl, indem sie den genauen Lauf dieser Linie bestimmte, entscheiden, ob diese eine wahre Ellipse ist. — Sie wird es offenbar nicht seyn, wenn jene Ebnen einen Abhang haben; denn wenn diese, viele Meilen breiten Flächen am einen Ende 500 Fuß höher als am andern lägen, so könnten sie uns immer als Ebnen erscheinen, aber sie wären dann nicht

mehr Theile einer Kugelfläche, sondern die Lichtgrenze würde uns ihre Abweichung von der Kugelfläche verrathen.

Ehe ich Sie aber mit der Erzählung, was für Berge und Ebnen denn die Beobachtung des Mondes uns kennen lehrt, unterhalte, muß ich noch eine andre Methode, die Höhen der Berge auf dem Monde zu bestimmen, erwähnen; eine Methode, die früher als die schon angeführte, schon von Galiläi angegeben, und von Hevelius in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts angewandt worden ist.

Wenn wir uns auf einem hohen Berge befinden, so erscheint uns die aufgehende Sonne etwas früher, als die Bewohner der benachbarten Thäler, selbst derjenigen Thäler, welche nicht im Schatten des Berges liegen, sie erblicken. Stellt nämlich D die Spitze dieses Berges (Tab. I. Fig. 8.) vor, und B C ist eine tiefer liegende Ebne, so gelangen die Strahlen der in der Richtung B A stehenden Sonne schon nach D, während die Ebne B C noch beschattet ist. Auf der Erde, die sich schnell um ihre Axe dreht, ist diese längere Beschattung des Thales von kurzer Dauer und überdas weniger auffallend, weil die Dämmerung doch auch die Thäler schon erhellt, ehe die Sonne aufgeht; auf dem Monde aber zeigt sich uns eben die Erscheinung auffallender. Wenn Sie den Mond, vorzüglich wenn er dem Viertel nahe ist, auch nur mit einem mittelmäßigen Fernrohre beobachten, so sehen Sie nicht bloß seine Lichtgrenze unregelmäßig ausgezackt, sondern es zeigen sich Ihnen auch einzelne, mitten im Dunkel liegende Lichtpunkte. Setzen Sie die Beobachtung länger, mehrere Stunden lang, fort, so nehmen, bei wachsendem Monde, oder um die Zeit des ersten Viertels, diese Lichtpunkte an Umfang zu, die ihnen nach und nach näher rückende Lichtgrenze erreicht sie endlich, und sie zeigen sich nun durch ihre langen Schatten, als das, wofür wir sie wohl gleich erkannten, als Bergspitzen. Offenbar kann die Zeit ihres ersten Erscheinens, oder die Zeit, da sie vom ersten Sonnenstrahle getroffen werden, uns zur Bestimmung ihrer Höhe dienen; denn da der Astronom so gut für jeden bekannten Punkt des Mondes, wie für jeden Punkt der Erde, die Zeit des Sonnen-Aufgangs berechnen kann, wenn der Ort in der

regelmäßigen Oberfläche des Mondes liegt, so ergiebt diese Rechnung, daß die Sonne in B (Tab. I. Fig. 8.) in der Ebne aufging, in dem Augenblicke, da die Spitze D den ersten Sonnenstrahl empfing, und da hiedurch der Abstand BC gefunden wird, so läßt sich die Höhe CD des Berges bestimmen. Statt diese Rechnung über den Sonnen-Aufgang zu führen, könnte man auch den Abstand des hellen Punktes von der Lichtgrenze beobachten und abmessen, um BC kennen zu lernen; aber diese Abmessung ist darum nicht immer so leicht, weil die Lichtgrenze selten so regelmäßig ist, daß man sie durch die vorspringenden schon erleuchteten Bergspitzen und die dazwischen liegenden dunkeln Thäler mit völliger Sicherheit ziehen könnte.

Um dieses Hervortreten der erleuchteten Berggipfel in der dunkeln Seite des Mondes Ihnen im Bilde zu zeigen, theile ich Ihnen (Tab. III. Fig. 1. 2. und Tab. V. Fig. 1. 2.) einige in Schröters Beobachtungen vorkommende Fälle mit, wo das eine Mal viele einzelne Spitzen eines 11000 Fuß hohen Gebirges, weit in die Nachtseite hinein zerstreut, sichtbar waren (Tab. V. Fig. 1.); das andre Mal (Tab. V. Fig. 2.) schon eine ganze Kette hoher Berge, die eine weite mit Schatten bedeckte Vertiefung umschließen, völlig erleuchtet sichtbar ward, obgleich sie noch weit außer der eigentlichen Erleuchtungsgrenze lag. In den beiden andern Zeichnungen sind einzelne erleuchtete Bergspitzen in der Nachtseite zu sehen, und es sollte hier der ganze, nur der Schrift wegen weiß gelassene Raum, als mit Nacht bedeckt, gezeichnet seyn. Sie sehen hier zugleich, wie die ganz beschatteten runden Thäler, und die in eine offene Ebene fallenden spitzen Bergschatten sich ausnehmen, wenn diese Gegenstände der Lichtgrenze nahe sind, und auf Tab. III. wie ganz anders sie erscheinen, wenn die Lichtgrenze an der einen oder andern Seite, wenn sie näher oder entfernter liegt.

Um aber alles hier zusammen zu fassen, was die Bestimmung der Berghöhen betrifft, muß ich doch auch noch das erwähnen, daß man zuweilen Berge über den kreisförmigen Rand der Mondscheibe hervortreten sieht, so wie C (Tab. I. Fig. 9.).

Die Höhe dieser Berge läßt sich leicht berechnen, wenn sie gerade in dem Punkte sich befinden, der uns im Mondrande, im Umfange der sichtbaren Seite des Mondes, erscheint. — Solche Berge hat man auch mehrmals bei Sonnenfinsternissen, als über den Rand des dunkeln Mondes, wenn er die Sonne verdeckte, hervorragend wahrgenommen, und grade die höchsten Berge auf dem Monde hat man in diesen Gegenden des Mondes kennen gelernt.

Schröter, dessen anhaltende Beobachtungen und sorgfältige Messungen uns den Mond viel genauer kennen gelehrt haben, als man es früher je gehofft hatte, hat auch auf die Bestimmungen der Berghöhen im Monde großen Fleiß gewandt. Seinen Bemühungen verdanken wir die Kenntniß, daß es im Monde Berge giebt, welche die Höhe der Berge auf der Erde übertreffen, oder wenigstens ihnen gleich kommen. Unter diesen zeichnet Schröter vorzüglich die Randgebirge aus, denen er die Namen Dörfel und Leibnitz beilegte, indem er, nach Riccioli's Beispiel, die Namen berühmter Mathematiker und Astronomen zu Bezeichnung der Mondberge wählte. Die Gipfel des erstern sind gegen 30000 Fuß, die des letztern 24000 Fuß hoch, und man müßte sie sogar noch höher annehmen, wenn sie zur Zeit der Beobachtung nicht ganz genau auf dem Rande lagen, sondern etwas jenseits oder diesseits des Randes, aus der von uns abgewandten, oder aus der uns zugekehrten Halbkugel, über den Rand hervorragten. Diese große Höhe ist für den Mond um so auffallender, da der Durchmesser des Mondes nur ungefähr ein Viertel des Erddurchmessers ist, und jene Berge daher, in Vergleichung gegen den Monddurchmesser, viermal so hoch sind, als die höchsten Gipfel der Indischen Gebirge gegen den Durchmesser der Erde.

Diesen am nächsten an Höhe kommen die eine ganze Bergkette bildenden Gebirge, die in der Mitte der uns zugewandten Seite des Mondes liegen. Ihre Gipfel haben 15000 bis 19000 Fuß Höhe, und da sie gegen die Mitte der uns sichtbaren Mondscheibe zu liegen, so bieten sie um die Zeit der Viertel, wenn die Lichtgrenze nahe an ihnen vorbeigeht, theils weit in die Nacht hinausliegende erleuchtete Spitzen, ehe die

beobachten kann, brauchen wir nur Achtung zu geben, ob zwischen diesen Durchgängen genau zwölf Stunden verfließen. Ist die Axe genau horizontal, so bewegt sich das Fernrohr gewiß in einem Verticalkreise, das heißt: in einem Kreise, der durch den Scheitelpunkt geht, also senkrecht gegen den Horizont ist; wenn nun dieser vom Mittagskreise abweicht, so liegt der Pol, um welchen die Sterne ihre Bewegung vollenden, nicht genau in ihm, sondern etwa wie B in Fig. I. wenn DAE jener verticale Kreis ist. Da nun bei dieser unrichtigen Lage die Tagekreise eines Sternes von diesem Kreise nicht in zwei gleiche Hälften getheilt werden, so ist die Zwischenzeit zwischen den beiden Durchgängen des Sterns durch das Fernrohr, nicht 12 Stunden, sondern größer für die eine Hälfte, kleiner für die zweite Hälfte, und man muß daher die Stellung verbessern, bis beide Zwischenzeiten gleich werden. Auf eine ähnliche Weise wie das bloße Mittagsfernrohr, bringt man auch den Mittagskreis in seine richtige, nach Süden gewandte Stellung. Bei ihm ist noch eine dritte Berichtigung der Stellung nöthig, wenn man auf ihm sogleich die richtigen Abstände vom Pole will ablesen können; aber darauf komme ich in der Folge zurück.

Dagegen will ich jetzt doch noch die Aufstellung des Fernrohrs erwähnen, die man parallactisch nennt. Das Mittagsfernrohr, es mag nun allein stehn oder mit dem Mittagskreise verbunden seyn, ist zwar sehr bequem zu genauen Bestimmungen, die bloß den Ort des Sternes angeben sollen, dient aber gar nicht, um ein Gestirn längere Zeit und außer dem Meridian zu beobachten; vielmehr geht der Stern in kurzer Zeit vorüber, und da das Fernrohr nach dieser Richtung hin nicht fortgerückt werden kann, so ist die Beobachtung in einem sehr engen Zeitraume begrenzt. Bei der parallactischen Aufstellung des Fernrohrs findet dagegen eine freie Drehung um eine Axe, die der Himmelsaxe das ist, der nach dem genauen Himmelspole gezognen Linie parallel gestellt ist, statt, und hier kann man daher den Stern so lange man will verfolgen. Bei jeder Stellung des Sternes nämlich bleibt ja sein Abstand vom Pole, das ist der Winkel, den die vom Auge nach dem

Sterne und nach dem Pole gezognen Linien mit einander machen, ungeändert; wenn also die Axe CD (Fig. II.) immer gegen den Pol gerichtet ist, das Fernrohr AB aber mit ihr unter einem unveränderlichen Winkel verbunden bleibt, so braucht man nur AB um die Axe CD zu drehen, um den Stern im Fernrohre zu behalten. Diese parallactischen Instrumente sind so eingerichtet, daß man das Fernrohr in jedem Winkel gegen die Axe feststellen kann, während diese fest aufgestellt, ihre Richtung immer behält, und dadurch kann man also für Sterne, die minder oder mehr vom Pole entfernt sind, die angemessene Richtung erhalten, und genießt so, wenn die Axe richtig steht, den Vortheil, daß man ohne langes Aufsuchen, wenn man den Stern einmal im Felde hatte, ihn immer selbst dann, wenn er zum Beispiel, bei Tage nur schwach sichtbar ist, leicht wieder auffinden kann.

Diese Bemerkungen über Instrumente mögen für jetzt genügen.

Dritte Vorlesung.

Die Beobachtungen, welche man an verschiedenen, nordwärts oder südwärts von einander liegenden Orten über die tägliche Bewegung der Sterne angestellt hat, führen uns zwar nicht zu einer nähern Kenntniß der Sternenkugel, aber sie geben uns eine Bestimmung der Gestalt der Erde.

Wenn wir die Oberfläche der Erde, so wie eine Land-Ebne sie uns darstellt, betrachten, so finden wir eben keinen Grund sie für etwas andres anzusehen, als im Ganzen für eine Ebne. Am Meere belehrt uns eine etwas sorgfältigere Aufmerksamkeit, daß sehr entlegne Gegenstände, Schiffe zum Beispiel, die wir sich vom Ufer entfernend sehen, uns nicht bloß durch ihre Entfernung unkenntlich werden, sondern je weiter sie sich entfernen, desto mehr vom Meerhorizonte ver-

Vertiefungen haben in der Mitte noch einen bedeutenden Berg, und diese Centralberge scheinen meistens sich sehr steil aus der Tiefe der weiten Abgründe, denen die meisten Ringgebirge zur Umwallung dienen, zu erheben. Doch ich muß auf diese merkwürdigen Gegenstände noch umständlicher zurück kommen.

Acht und zwanzigste Vorlesung.

Wenn wir die natürliche Beschaffenheit der Mond-Oberfläche mit der Oberfläche der Erde zu vergleichen suchen, so bietet sich uns zwar manche Uebereinstimmung dar, aber doch auch die mannigfaltigste Verschiedenheit. Da wir uns so leicht veranlaßt finden, das, was auf der Erde vorhanden ist, auch in andern Weltkörpern eben so zu vermuthen, so glaubten die Beobachter, welche zuerst den Mond mit Fernröhren betrachteten, in den grauen, schon dem bloßen Auge sichtbaren Flecken, Meere zu sehen. Sie fanden nämlich, daß diese grauen Flächen, in welchen sich zwar hie und da ein Berg, gleichsam eine Insel, hervorhebt, doch im Ganzen als völlig eben erschienen, durch keine Ungleichheit der Schattierung, noch weniger durch dunkle Schatten irgend eine Anhöhe oder ungleichen Abhang verriethen, und aus diesem Grunde gaben Hevel sowohl als Riccioli diesen Gegenden den Namen der Meere; und die Namen des Riccioli sind noch im Gebrauch, obgleich wir diese Flächen nicht mehr für Meere halten. Beobachtungen mit stärkern Instrumenten, und vorzüglich genaue Aufmerksamkeit auf die Erscheinungen bei niedrigem Stande der Sonne, haben nämlich gezeigt, daß diese Flächen zwar große Ebnen, aber daß sie doch keine Wasserflächen sind; sie sind mit niedrigen Anhöhen nach allen Richtungen durchzogen, bieten flache Abhänge an manchen Stellen dar, und scheinen den großen Ebnen des nördlichen Deutschlands zu gleichen, in denen sich auch Anhöhen und tiefer liegende Gegenden mit einander

gemischt finden. Nur einige wenige mit Ringbergen umgebene Ebnen boten der Beobachtung Schröters keinen Anschein von Unebenheit dar, und könnten allenfalls für Wasserflächen gelten; aber auch sie sind vermuthlich nicht ganz vollkommene Ebnen, denn theils muß man bedenken, daß ganz unbedeutende Anhöhen in den mit Gebirgen umgebnen kleinen Ebnen, wo bei niedrigem Stande der Sonne die ganze Ebne im Schatten des Ringgebirgs liegt, nicht kenntlich werden können, theils hat doch auch Lohrmann, selbst in der Ebne Archimedes, die Schröter für am meisten eben hielt, Ungleichheiten wahrgenommen. Wasser scheint also der Mond nicht zu besitzen, *) und diese Behauptung wird auch dadurch noch aufs Neue unterstützt, daß wir in der Oberfläche des Mondes tiefe Abgründe finden, die auf der Erde ohne Zweifel mit Wasser angefüllt wären, und die dort völlig frei von Wasser sind. Die Ringgebirge nämlich umfassen in den meisten Fällen nicht Ebnen, sondern große Vertiefungen, die wir mit den Cratern unsrer feuerspeyenden Berge vergleichen können, obgleich sie an Größe diese weit übertreffen. Von ihrer großen Tiefe zeugt der, selbst noch bei hohem Stande der Sonne sichtbare, Schatten auf ihrem Boden, und er dient auch hier zur Bestimmung der Tiefe des Bodens unter dem obern Rande des Berges, und eben dadurch zu Bestimmung dieser Tiefe unter der das Ringgebirge umgebenden Ebne. Die Messung dieser Tiefen ist indeß weniger sicher, als die Messung der Höhen, besonders deßwegen, weil wir hier in dem engen Raume nicht das allmählige Abnehmen oder Zunehmen der Schattenlänge beobachten, und uns dadurch überzeugen können, daß der dunkle Raum ein wahrer, mit der wachsenden Sonnenhöhe in gehörigem Maaße abnehmender Schatten sei. Schröter führt mehrere von ihm selbst angestellte Beobachtungen an, die diese Crater noch ganz beschattet zeigten, bei großer Sonnenhöhe, statt daß zu andrer Zeit bei gleicher Sonnenhöhe kein Schatten mehr zu sehen war; und diese Ungleich-

*) Gruithuisen behauptet zwar, er sei nicht ohne Wasser, aber mit Sicherheit läßt sich dieß nicht nachweisen.

heit giebt Veranlassung zu der Besorgniß, daß diese tiefen Höhlen vielleicht zuweilen durch andre Ursachen uns mit Dunkel bedeckt erscheinen, so wie es auf der Erde der Fall seyn könnte, wenn ein dicker schwarzer Rauch dem Blick des Beobachters eine schwarze Bedeckung darböte, auch dann, wenn die Sonne hoch über dem Horizonte stände. Wenn aber auch diese Unsicherheit uns zweifelhaft macht, ob wir die Tiefe einer einzelnen bestimmten Einsenkung richtig angeben, so scheint doch das Zusammenstimmen so vieler Messungen zu der Ueberzeugung zu führen, daß diese Abgründe wirklich mehrere tausend Fuß unter der Oberfläche der Ebnen des Mondes tief sind; bei einigen derselben hat die Messung 16000 bis 18000 Fuß Tiefe angegeben, bei vielen andern scheint eine Tiefe von 8000 bis 10000 Fuß vollkommen entschieden zu seyn. Schröter hat außer diesen Messungen der Schatten noch eine andre merkwürdige Beobachtung gemacht, die einen großen und tiefen Abgrund grade im Rande des Mondes zeigte; ein Einschnitt in den Mondrand, so tief, daß er eine Kluft von 16000 Fuß tief dem Auge darstellte, war der Gegenstand dieser Beobachtung, und Schröter bemerkt mit Recht, daß diese etwa 6 Meilen breite Kluft sich, in der Richtung gegen unser Auge zu, ziemlich weit fort erstrecken mußte, indem eine runde Vertiefung von nur 6 Meilen Durchmesser uns zum Theil durch den Rand selbst würde verdeckt werden; die Kluft mußte wenigstens in der damals gegen die Erde gewandten Richtung 25 Meilen lang seyn, um einen so sichtbaren Einschnitt in die Mondkugel zu geben.

Dieser ungemein große Umfang einer craterähnlichen Vertiefung wird Ihnen ohne Zweifel auffallend scheinen, und gehört wieder zu den Gegenständen, die wir auf der Erde nicht so finden; aber im Monde sind ähnliche, wenn auch nicht ganz so weite Abgründe nicht selten; die Einsenkung, welche mit ihrem Ringgebirge den Namen Eratosthenes führt, (Tab. V. Fig. 1.) ist nach Schröters Messung 8 Meilen im Durchmesser, 6700 Fuß unter dem Gipfel des Ringgebirges tief, und dieses 5500 Fuß über die umgebende Ebne hervorragend; die Einsenkung Copernicus hat bei $7\frac{1}{2}$ Meilen Durchmesser

9000 Fuß Tiefe; die Einsenkung Landsberg, deren Ringgebirge 3400 Fuß hoch ist, besteht aus einem 6500 Fuß tiefen, 7 Meilen breiten Abgrunde, der also bis 3000 Fuß unter die Oberfläche des Mondes hinabgeht. Wenn wir damit die Crater unsrer Vulcane vergleichen, so ist ihre Weite sehr unbedeutend, indem der Crater des Aetna nur etwa 4000 Fuß Durchmesser hat, und auch der Crater des Pichincha, dem Humboldt 14000 Fuß Umfang beilegt, nicht viel größer seyn kann. Aber in andrer Hinsicht haben freilich die Crater auf der Erde manche Aehnlichkeit mit jenen Einsenkungen, indem auch bei den Einsenkungen auf dem Monde an der innern Seite die Wände steil sind, statt daß die Wälle nach außen meistens abgeflächtere Abhänge haben, indem sich von dem Boden dieser Abgründe im Monde Centralberge erheben, die eben so, wie im Crater des Pichincha, hoch aufgethürmt, dennoch die Höhe des Ringgebirges lange nicht erreichen. —

Schröter hat den, freilich etwas mißlichen, Versuch gemacht, den Raum der Einsenkungen mit der Größe des Ringgebirges zu vergleichen, um die Frage, ob die Masse des letztern aus der Einsenkung aufgeworfen sei, zu beantworten. Sie werden aus dem Bisherigen wohl übersehen, daß es, wenn man keine ins Kleinste gehende Bestimmung fordert, wohl möglich ist, das ganze Profil einer solchen Einsenkung mit ihrem Ringgebirge kennen zu lernen; denn nicht bloß die ganzen Höhen und Tiefen, sondern auch die Schiefe der Abhänge lernt man aus dem Schatten, und aus der Sonnenhöhe, wobei der Abhang cd oder ab (Tab. I. Fig. 10.) ganz erleuchtet zu erscheinen anfängt, kennen, und ist so, ziemlich gut, im Stande, die Masse auszurechnen, die ehmals die Vertiefung ausfüllte, und die Masse, die jetzt als Wall aufgehäuft ist. Die Berechnung bei einigen Bergen zeigte, daß beide nicht viel verschieden waren, also, so weit sich aus so großer Ferne urtheilen läßt, der Wall sich wohl als Erfolg eines vulcanischen Ausbruchs erklären lasse. Indeß kann diese Gleichheit nicht für alle Ringgebirge gelten.

Die Entstehung der Ringgebirge muß wohl im Monde zu verschiedenen Zeiten statt gefunden haben; denn oft sind Ein-

senkungen in der Masse der Ringgebirge selbst, und hier scheint also eine spätere Eruption, die den vulcanischen Eruptionen bei uns zu vergleichen wäre, das Wallgebirge durchbrochen zu haben, welches einer frühern Eruption seinen Ursprung verdankte. Ueberhaupt bieten diese Ringgebirge, die theils Einsenkungen, theils wenig vertiefte Ebnen umschließen, manche Gelegenheit zu Fragen dar, zu deren Beantwortung Schröter wenigstens einige Gedanken angegeben hat. Nach dem ganzen Ansehen der Ringgebirge ist man geneigt, denen, welche bloße Ebnen umschließen, eben den Ursprung beizulegen, wie denjenigen, die tiefe Einsenkungen in sich fassen; auch sind, wie Schröter bemerkt, einige jener mit Ringgebirgen umgebenen Ebnen gegen die Mitte vertieft, wenn gleich diese Vertiefung ziemlich unbedeutend zu seyn scheint; *) es bietet sich daher der Gedanke dar, ob durch eine sehr lange Dauer sich jene Einsenkungen wieder ausgefüllt haben, und ob die sie umgebenden Ringgebirge vielleicht nur Reste höherer Ringgebirge sind, oder ob die an diesen Orten ausgeworfene Masse von andrer Art war, und gleich Anfangs sich wieder in den Crater zurückstürzte. In jedem Falle ist der Unterschied des Lichtes merkwürdig, welches der innere Theil der Wallebnen in Vergleichung gegen die Crater zeigt, jene nämlich sind grau, diese zeigen, wenn ihre Abgründe von der Sonne erleuchtet werden, ein sehr helles Licht, so daß wir nach Analogie auf der Erde den Boden der letztern als aus hartem, weissem Gestein bestehend ansehen müßten.

Die Vermuthung, daß eine langsam zerstörende Kraft diese Gebirge abfläche, findet in der Beobachtung einige Stütze, daß es Reihen kleiner Berge im Monde giebt, die als Ueberreste eines Ringgebirges einen unterbrochenen, doch noch ziemlich kenntlichen, Kreis ausmachen, und sich auf einer gleichmäßigen Ebne so erheben, daß man sie für unbedeutende Ueberreste eines Ringgebirges um eine jetzt völlig verschüttete Vertiefung

*) Bei der Ebne Newton (Tab. III. Fig. 2.) zeigt sich der hier angegebne Schatten nur bei sehr niedrigem Stande der Sonne.

ansehen möchte. — Tab. VI. Fig. 1. zeigt bei a und b zwei Beispiele solcher Hügelreihen.

Ob wir aber nach diesen, an Aehnlichkeiten mit irdischen Erscheinungen geknüpften Vergleichungen schließen dürfen, auch die mit Ringgebirgen umgebnen Ebnen, die über 10 Meilen, ja selbst über 20 Meilen Durchmesser haben, die also ganzen Provinzen Deutschlands an Inhalt gleich sind, könnten durch Ausbrüche solcher Kräfte, wie sie bei unsern Vulcanen wirken, entstanden seyn; — das zu entscheiden, kann wohl niemand wagen.

* * *

An diese zerstreuten Bemerkungen, die ich Ihnen bisher mitgetheilt habe, reihe ich nun noch etwas genauere Beschreibungen der Gegenden an, deren Abbildung ich Ihnen hier nach Schröters Beobachtung, und aus seinen Zeichnungen entlehnt, vorlege. Ich habe drei größere Landschaften gewählt, die von dem verschiedenen Ansehen der einzelnen Mondgegenden einen hinreichenden Begriff geben.

Die erste ist eine verkleinerte Abzeichnung des mare serenitatis (Heiterkeits-Meer), das eine Fläche von 7000 Quadratmeilen, beinahe so groß als Spanien, einnimmt (Tab. V. Fig. 3.). Es ist eine der grauen Flächen, die schon dem bloßen Auge im Monde sichtbar sind, und enthält nur kleinere Einsenkungen bei k, p, q, r, s, t, u, v, w, x, unter denen q und k merkwürdig sind, weil von ihnen so viele niedrige Bergadern ausgehen; k ist 3000 Fuß tief, und sein Ringgebirge 1700 Fuß hoch, q ist 3200 Fuß tief, und hat nur ein 900 Fuß hohes Ringgebirge. Die Bergadern sind nur gegen 500 Fuß hoch und flach, so wie ich sie schon oben beschrieben habe. Auch hier zeigt sich die von Schröter so oft gefundene Merkwürdigkeit, daß diese Bergadern von einem Crater zu einem andern, oder zu einem Berge hinübergehen, so als ob sie, wie Schröter andeutet, vielleicht die Verbindungen zwischen den Cratern verdeckten.

Am Umfange des Heiterkeits-Meeres liegen ziemlich hohe Berge, die bei ab unterbrochen sind, wo ein schichtenartiger

Absatz die Trennung von der angrenzenden Ebne bezeichnet. In den Gebirgen am Umfange zeichnet sich das Ringgebirge Posidonius von 16 Meilen Durchmesser aus, welches ungleich hoch, sich der Höhe von 3000 Fuß nähert; der Crater n, welcher das Ringgebirge zerstört hat, ist 9000 Fuß tief, und ein nahe daran liegender sogar noch tiefer. Die Ringgebirge, Menelaus, Plinius, Calippus, liegen mit mehrern andern in der Gebirgsreihe, die diese Ebne einschließt, und der Crater des Plinius ist 6800 Fuß tief, sein Ringgebirge 1300 Fuß hoch; der Crater des Menelaus 7300 Fuß, des Calippus 9200 Fuß tief. In der Nähe des Calippus erhebt sich eine Bergspitze bis zu 15600 Fuß Höhe, und an der andern Seite bei b d ist eine Reihe von Bergköpfen, deren erster b sich fast ganz steil 9500 Fuß über die Ebne erhebt, statt daß die folgenden jeder immer weniger über die Ebne hervorragen.

Statt daß das Heiterkeitsmeer ein Beispiel einer recht flachen Ebne im Monde giebt, kann die Gegend (Tab. V. Fig. 4.) um das Ringgebirge Tycho als ein Beispiel derer dienen, die von zahlreichen Cratern und Vertiefungen überall aufgewühlt, fast nur Gebirge an Gebirgen zeigen. Diese Gegend ist in der südlichen Halbkugel des Mondes auf einem der Theile des Mondes, die sich als die hellsten auszeichnen. Die Tiefen der einzelnen Crater, unter denen die tiefern sich schon durch längere Schatten kenntlich machen, will ich nicht alle erwähnen, sondern nur von dem Crater Tycho anführen, daß er 10 Meilen weit, sein Ringgebirge 10100 Fuß hoch ist; der Centralberg in der Mitte erhebt sich 3400 Fuß über den Boden des Craters. Die umwallten Ebnen, die hier ohne Schatten erscheinen, sind theils weniger niedrig liegend, theils mit sehr abgeflächten Bergen umgeben, die also keine Schattenseite bei der Sonnenhöhe mehr hatten, bei welcher die Beobachtung angestellt wurde.

Der Tycho gehört zu den Cratern, deren Boden convex, gleichsam in die Höhe gehoben ist, und auf dieser Wölbung erhebt sich der Centralberg. Bei einigen Cratern und Wallebnen ist diese Wölbung noch auffallender, zum Beispiel bei

Hevel (Tab. VI. Fig. 3.); und Schröter hegt die Vermuthung, daß hier, nach dem Ausbruche, welcher den Crater hervorbrachte, noch eine von unten herauf wirkende Kraft den Boden gehoben habe, aber nicht mächtig genug gewesen sei, um die aufgehobnen Schichte zu durchbrechen.

Die dritte hier abgezeichnete Gegend (Tab. VI. Fig. 1.) ist ebenfalls reich an Bergen; sie liegt zwischen den beiden Ebnen, die den Namen Regenmeer (mare imbrium), und Thau-Bay (sinus roris) führen. Die beiden großen, mit dem Namen Helicon bezeichneten Einsenkungen, die 5200 und 6200 Fuß Tiefe haben, sind deßwegen merkwürdig, weil alle ältern Zeichnungen von Hevel, Riccioli und andern, nur die östlichste dieser Einsenkungen angeben, so daß man beinahe sicher annehmen darf, die andre sei erst neuerlich entstanden, oder wenigstens sonst nicht so in die Augen fallend als jetzt gewesen.

Die Bay der Regenbogen (sinus iridum) ist an einer Seite mit hohen Bergen umgeben, unter denen sich das Vorgebirge c durch eine 6700 Fuß hohe steile Spitze auszeichnet. Der weiße Streif zwischen den beiden grauen Flächen ist Riccioli's Reifland (terra pruinae), das gegen die Spitze rechts sehr rauh und bergig erscheint.

Eine vierte Gegend (Tab. III. Fig. 3.) habe ich vorzüglich darum noch beigefügt, weil sie in Vergleichung mit Fig. 1. und 2. zeigt, wie ungleich bei verschiedener Stellung der Sonne eben dieselbe Gegend sich zeigt. In Fig. 3. steht die Sonne über dem Ringgebirge Plato ziemlich hoch, und es wirft daher nur der hohe Berg g, welcher in Fig. 1. den langen Schatten warf, noch einen kleinen Schatten nach der andern Seite; auch der spitzige Berg Pico, dessen kegelförmige Gestalt Schröter in Fig. 1. bei B besonders dargestellt hat, ist hier ebenfalls mit einem Schatten umgeben, der aber lange nicht so bedeutend, als bei dem niedrigen Stande der Sonne in Fig. 1. ist. Die Ringebne Newton, deren Vertiefung Fig. 2. zeigt, ist in Fig. 3. wegen des hohen Standes der Sonne gar nicht zu erkennen. Die Berge, welche diese wenig eingetiefte Ebne umgeben, sind nämlich so flach, daß sie bei

Meilen mit Meßstäben durchzumessen; aber, indem man eine Standlinie AB mißt (Fig. 21.) und nun mit Winkelinstrumenten die Richtungen der Linien AD, BD, oder die Winkel DAB, DBA bestimmt, ergiebt sich durch Zeichnung, wie in der verkleinerten Figur bei d, die verhältnißmäßige Lage des Punktes D, oder genauer ergeben sich durch Rechnung die Entfernungen AD, BD. Es erhellt leicht, daß man eine Reihe von Dreiecken, so wie in Fig. 21. auf diese Weise aneinander hängen und so die ganze Länge AI einer von Norden nach Süden gehenden Linie genau berechnen, oder auch durch ai in der verkleinerten Charte darstellen kann. Diese Messung kann man mit einem hohen Grade von Genauigkeit erhalten, so daß selbst bei Entfernungen von mehrern Meilen keine Fehler, die mehrere Fuße betragen, vorkommen. Wir könnten uns daher eine vollkommen genaue Ausmessung eines solchen Bogens, wo die Polhöhe sich um einen Grad oder um eine bestimmte Größe ändert, gar wohl denken, wenn eine Bestimmung der Polhöhe möglich wäre, die bis auf Theile einer Secunde genau wäre; aber bei aller Feinheit unsrer Instrumente und bei aller Sorgfalt in der Aufstellung können wir es dahin nicht bringen. Um nämlich bei einem nahe am Zenith vorbeigehenden Sterne zu entscheiden, ob er genau durch den Scheitelpunkt geht, oder ob er um 1 Sec. (das ist etwa $\frac{1}{1900}$ des Monddurchmessers) von demselben entfernt bleibt, müssen nicht bloß die Instrumente sehr genau getheilt seyn, sondern auch die richtige Stellung des Instruments muß im strengsten Sinne statt finden, und die Beobachtung muß mit der äußersten Sorgfalt angestellt seyn; wenn man genau erwägt, wie fein diese Bestimmung ist, so überzeugt man sich leicht, daß eine Angabe der Polhöhe, selbst wenn sie das Mittel aus vielen Bestimmungen ist, kaum jemals in engern Grenzen als 1 Sec. genau seyn kann, und daß daher ein auf der Erde von Norden nach Süden gemessener Bogen, in dessen Endpunkten die Polhöhe um 1 Grad verschieden angegeben wird, wohl 1 Grad und 1 Secunde betragen kann. Sind daher die geometrischen Abmessungen dieses Bogens auch so vollkommen genau, wie

es sich wohl erreichen läßt, so würde man doch die Angabe, daß ein solcher Grad 392040 Fuß lang sey, immer mit der Besorgniß, daß man statt eines Grades oder 3600 Sec. vielleicht 3601 Sec. ausgemessen habe, ansehen müssen. Die Bedenklichkeit, die daraus in Beziehung auf die zu bestimmende Gestalt und Größe der Erde hervorgeht, vermindert sich zwar, da man aus mehreren Gradmessungen, deren geringe Fehler sich gewiß zum Theil ausgleichen und aus Messungen, die mehrere Grade umfassen, das Mittel nehmen kann, indeß zeigt diese Ueberlegung doch, daß eine ganz strenge Uebereinstimmung aller einzelnen Messungen nie zu hoffen ist. *)

Dieses ist nun auch der Grund, warum die Angaben über die Gestalt und Größe der Erde nicht so strenge gleich sind, wie man es allenfalls fordern möchte. Alle neueren mit guten Instrumenten angestellten Messungen stimmen darin überein, daß der am Aequator gemessene Grad kürzer ist, als in nördlichern oder südlichern Gegenden, (das heißt, daß man am Aequator einen kürzern Weg nordwärts oder südwärts zurückzulegen hat, als in andern Gegenden, um den Pol um 1 Grad seine Höhe ändern zu sehen,) und daß sehr regelmäßig die Länge eines Grades auf der Erde zunimmt, wenn man sich mehr und mehr vom Aequator entfernt; aber das Verhältniß dieser Aenderungen findet sich etwas verschieden, je nachdem man diese oder jene Messungen zum Grunde legt, und es wird Sie daher nicht befremden, wenn Sie in den folgenden Angaben solche Verschiedenheiten finden.

Bohnenberger hält folgende Bestimmungen für die sichersten:

Halbmesser des Aequators	=	19,630146 paris. Fuß.
Halbe Axe	=	19,565784 " "
also diese	= $\frac{304}{305}$	des Aequatoreal-Halbmessers.

*) Dieß ist um so weniger zu hoffen, da selbst die Lage der Verticallinie durch Anziehung der Berge eine unregelmäßige Aenderung leidet.

Was hiezu von Seiten der Beobachtung und darauf gestützter Zeichnung der Mondgegenden geschehen kann, ist durch Schröter und Lohrmann geschehen, *) indem jener eine Reihe von Mondlandschaften, so wie sie bei verschiedener Stellung der Sonne erscheinen, dargestellt hat, und dieser aus eignen und fremden Beobachtungen alle Theile der Mondoberfläche in eben solchen Zeichnungen, wie es unsre Landcharten sind, abzubilden angefangen hat. In diesen Lohrmannschen Zeichnungen ist, so weit die Beobachtungen es gestatten, nicht bloß jeder Berg, jede Einsenkung, jedes Thal angegeben, sondern die ungleiche Schattirung der Berge zeigt auch, ob der Berg einen steilen oder sanften Abhang hat; und man kann daher, wenigstens für die um die Mitte des Mondes liegenden Gegenden, die ganze Oberfläche eben so gut, wie aus guten Landcharten beurtheilen. — Aber freilich, so wie keine Landcharte uns die Schönheiten der Gegenden am Genfer-See zeigt, so wie keine den Reichthum schön angebauter Ebnen in Vergleichung gegen die unbebauten Strecken der weiten Heiden andeuten könnte, vorzüglich wenn Städte und Dörfer weggelassen würden, eben so kann auch die Darstellung des Mondes uns nicht vollkommen über den Eindruck belehren, den wir, in den Mond versetzt, dort empfangen würden.

Die Phantasie kann diesen Mangel einigermaßen ersetzen; aber es fehlen uns doch die Farben zum Ausmalen der Scene, und wenn wir nicht bloß zum Scherz uns mit Möglichkeiten unterhalten wollen, so müssen wir nicht zu dreist die Scene auszumalen suchen. Daß sich dort manches unsern Augen ganz neue Schauspiel darbieten würde, das können wir unbedenklich sagen. Wir wollen uns zum Beispiel den Sonnenuntergang auf der Spitze des Berges Wolf (der äußersten in Tab. V. Fig. 1. dargestellten Spitze,) vorstellen. — Wenn die Sonne noch hoch genug steht, um auch die Thäler und Ebnen zu erleuchten, so sieht man von dieser Bergspitze nordwärts die Ebnen des Regenmeeres, gegen Südosten dagegen

*) Auch Gruithuisen hat einzelne Stücke des Mondes schön dargestellt.

liegen Berge an Bergen, indem wir uns hier auf einem Gipfel der Mond-Appeninen befinden. Wenn sich die Sonne mehr senkt, so tritt die Lichtgrenze allmählig tiefer in das Regenmeer hinein, und in den Berggegenden zeigt sich auch immer deutlicher der, durch keine Dämmerung gemilderte plötzliche Wechsel von Licht und Schatten, indem die Gipfel der Berge noch in vollem Tageslichte glänzen, während die Thäler schon in schwarze Nacht gehüllt da liegen, und höchstens nur noch durch die von den Bergspitzen ihnen zugesandten reflectirten Strahlen ungemein matt erhellt werden. Die Sonne geht nun allen östlich gelegnen Bergspitzen unter, und die Schatten des Eratosthenes und andrer westlich liegender Berge fangen an, die Ebnen bis nahe an den Fuß unsers Berges zu bedecken; eine schwarze Nacht umgiebt uns schon von allen Seiten, kein Gegenstand in den tiefen uns umgebenden Thälern ist mehr zu sehen, nur fernhin nach Westen ist noch die erhellte Ebne, und noch glänzender der hohe Gipfel der Berge sichtbar, und wir, durch eine finstre Nacht von diesen Gegenden geschieden, stehen noch im vollen Sonnenlichte. Ein Berggipfel nach dem andern tritt in die Nacht hinein und einsam stehen wir zuletzt noch im Sonnenstrahle, während viele Meilen weit um uns finstre Nacht alles bedeckt; — endlich verbirgt sich auch uns die Sonne hinter den dunkeln Ebnen des Regenmeeres, eine plötzliche Nacht umhüllt uns, sobald der letzte Sonnenstrahl erloschen ist, und nur die Spitzen der fernen Berge bleiben uns in Westen noch, von der Sonne erleuchtet, kenntlich. — Ganz so würde es seyn, wenn nicht dem Berge Wolf die Erde, die man dort beim Sonnen-Untergange halb erleuchtet sieht, hoch über dem Horizonte stände, und wenigstens mit einem matten Mondscheinlichte den schroffen Gegensatz von Licht und Finsterniß milderte; da, wo die Erde nicht scheint, ist dieser Gegensatz so plötzlich eintretend, daß er für unser an eine Dämmerung und sogar an die reitzenden Farben eines schönen Abendroths verwöhntes Auge nicht erfreulich seyn möchte.

Aehnliche Schilderungen ließen sich wohl noch für mehrere Gegenden entwerfen, zum Beispiel die Schilderung des Eindrucks, den wir am Fuße einer mehrere tausend Fuß hohen

Vierte Vorlesung.

Wenn Sie, m. h. H. auf die geringe Ausdehnung der Betrachtungen zurücksehn, mit denen ich Sie bis jetzt unterhalten habe, so werden Sie, hoffe ich, mit einiger Freude bei dem Gedanken verweilen, daß schon diese uns im Stand gesetzt haben, eine so wichtige Folgerung auf sie zu gründen.

Daß die Erde eine Kugel sey, oder eigentlich eine etwas von der Kugelgestalt abweichende, um die Pole abgeplattete Form habe, dürfen wir aus dem bisher Betrachteten als erwiesen annehmen. Könnten wir die von Norden nach Süden gerichteten Gradmessungen sehr zahlreich in allen Gegenden der Erde anstellen, und ergäbe sich aus ihnen eine im strengsten Sinne genaue Gleichheit aller von einem Pole zum andern gehenden Durchschnitte, so würde sich mit vollkommener Sicherheit behaupten lassen, daß die Erde ein runder Körper sey, das heißt, ein solcher, dessen mit dem Aequator parallele, also auf die Axe senkrechte Querschnitte genaue Kreise sind. Indeß, wenn auch eine so vollständige Begründung dieser Behauptung nicht ganz stattfindet, so wissen wir doch genug, um sie als sehr nahe richtig anzunehmen, und können jetzt die Frage, wie sich denn die Erscheinungen der täglichen Umdrehung der Sternenkugel an jedem Orte der Erde zeigen, ganz vollständig beantworten.

Bisher dachten wir uns nur Reisen, die von Norden nach Süden gerichtet waren, oder nahmen nur auf gleichzeitige Beobachtungen, an solchen Orten, die nordwärts oder südwärts von einander liegen, angestellt, — Rücksicht; wir wollen jetzt auch auf diejenigen Orte, die nicht in demselben Meridiane liegen, sehen. Ich werde hiebei die Erde eine Kugel nennen; denn da die geringen Verschiedenheiten in den Erscheinungen, welche aus der unerheblichen Abweichung von der Kugelform hervor gehen, Ihnen nun schon bekannt sind, so haben wir nicht mehr nöthig auf diese immer hinzuweisen, indem das

Wesentlichste ganz so ist, wie es auf einer genau kugelförmigen Erde seyn würde.

Daß wir die von einem Pole zum andern gezogenen Kreise auf der Erde, Meridiane nennen, habe ich schon bemerkt. Alle diejenigen Beobachter, welche auf demselben Meridiane wohnen, sehen in einerlei Augenblick dieselben Sterne in dem höchsten Punkte ihres Tagebogens, und wenn gleich ein bestimmter Stern dem einen Beobachter höher, dem andern niedriger erscheint, so wie es die ungleiche Polhöhe fordert, so ist doch der Augenblick des Durchgangs dieses Sternes durch den Faden des Mittagsfernrohres genau ein und derselbe für alle diese Orte.

Denken wir uns dagegen zwei von einander verschiedene Meridiane POAS und PMNS (Fig. 20.) auf der Erde gezogen, so sehen Beobachter in O und M einen bestimmten Stern zu verschiedenen Zeiten durch den Meridian gehen. Wenn man sich vom Mittelpunkte C der Erde nach A, O und mehreren Punkten jenes einen Meridianes gerade Linien gezogen, und diese bis an die Sternenkugel verlängert denkt, so sind es die von diesen Linien getroffenen Sterne, die sämmtlich dem Beobachter in A oder O im Meridiane des Himmels, oder in dem von Norden nach Süden am Himmel gezognen Kreise erscheinen; will man dagegen die Sterne angeben, die in eben dem Augenblicke den Beobachtern auf dem andern Meridiane in M oder N in ihren höchsten Stellungen erscheinen, so müßte man von C aus durch Punkte m, M, N Linien bis an die Sternenkugel ziehn, und diese Linien treffen offenbar andre Sterne als die, welche dem ersten Meridiane entsprechen. Aber durch die Umdrehung der Sternenkugel werden alle Sterne nach Westen fortgeführt, und eben die Sterne, welche jetzt für A und O im Meridian erscheinen, gelangen nach einigen Stunden oder Minuten in die Stellung, welche einem westlicher liegenden Meridiane entspricht, und es läßt sich hieraus schon übersehen, daß für einen westlich liegenden Ort die Erscheinungen des Auf- und Untergangs, und des Durchgangs durch den Meridian, später beobachtet werden.

Wenn man auf der Erde gegen Westen zu so fortreiset, daß man den Pol genau in derselben Höhe über dem Horizonte behält, so geht man auf einem, um den Pol der Erde P (Fig. III.) beschriebenen Kreise ADG fort, und da in D der Pol eben so hoch, als in A über dem Horizonte erscheint, so geht auch in D jeder bestimmte Stern in eben der Höhe durch den Meridian, wie man ihn in A beobachtete; er durchläuft einen eben so hohen und weiten Bogen am Himmel für den Beobachter in D, wie für den Beobachter in A, und kurz, die gesammten Erscheinungen der täglichen Umdrehung der Sternenkugel sind genau an beiden Orten gleich. Aber diese gleichen Erscheinungen ereignen sich nicht in denselben Augenblicken an beiden Orten. Brachte der Beobachter eine genau gehende Uhr aus A mit nach D, hatte er diese Uhr so gestellt, daß sie zum Beispiel genau 7 Uhr war, als in A der Sirius am höchsten, oder hinter dem Faden des Mittagsfernrohrs erschien; so wird eben diese richtig fortgehende Uhr nach einem oder mehreren Tagen zeigen, daß in dem westlichern Orte D der Sirius erst nach 7 Uhr zu seiner höchsten Stellung gelangt, und der Zeitunterschied zwischen dem Eintreten desselben Sternes in den Meridian von A, und in den Meridian von D wird uns zum Maaße der Entfernung für die beiden Kreise PABQ, PDEQ dienen.

Wäre nämlich die ganze Erde in 24 genau gleiche Abtheilungen gebracht, deren eine zwischen PABQ, PDEQ eingeschlossen wäre, so würde derselbe Stern dem Beobachter in D eine genaue Stunde später, als dem Beobachter in A im Meridian erscheinen, und umgekehrt darf man schließen, daß ein Ort wie D um ein Vierundzwanzigstel des ganzes Umfanges westlich von A liegt, wenn ein Stern dort eine genaue Stunde später als in A im Meridian erscheint.

Diese Betrachtungen, die sich als nothwendige Folgerungen ergeben, wenn wir die Erde als kugelförmig ansehen, stimmen nun völlig mit der Erfahrung überein, indem für abgemessene Bögen, auf dem Parallelkreise, die Untersuchung über die Ungleichzeitigkeit der Erscheinungen, mit Hülfe sehr genau gehender Uhren, angestellt ist, und das ergeben hat, was ich

eben erklärt habe. Und nun läßt sich sehr leicht zeigen, daß wir nur der Beobachtung des Himmels bedürfen, um jedes Ortes geographische Länge und Breite anzugeben.

Ich habe schon früher erwähnt, daß wir denjenigen Punkt der Erde unter dem Pole liegend, nennen, welchem der Pol des Himmels im Zenith erscheint; wir nennen ihn auch den Pol der Erde selbst, und wir bestimmen so zwei einander gegen überstehende Punkte P, Q (Fig. III.) als Pole der Erde. Der Kreis LB, der auf der Erde von beiden Polen gleich entfernt liegt, und welcher zugleich alle diejenigen Punkte enthält, denen der Aequator des Himmels im Zenith erscheint, heißt der Aequator der Erde. Um nun die Lage irgend eines Ortes auf der Erdkugel anzugeben, reicht es hin, seinen Abstand vom Aequator, und seinen Abstand von einem bestimmten Meridiane, den wir den ersten Meridian nennen wollen, zu bestimmen, das erstere heißt, seine geographische Breite, das andre, seine geographische Länge. Wir denken uns nämlich durch den Ort D einen Meridian PDQ (Fig. III.) gezogen, der in E den Aequator schneidet, und nennen nun den in Graden, Minuten und Secunden ausgedrückten Bogen ED, die geographische Breite des Ortes D; dagegen giebt, wenn PBQ der erste Meridian ist, der auf dem Aequator gemessene Bogen BE, den man gleichfalls in Graden, Minuten, Secunden ausdrückt, die geographische Länge des Ortes an. Die Breite wird nordwärts und südwärts vom Aequator gezählt, und kann offenbar nie über 90 Grade betragen; die Länge zählt man nach Osten oder nach Westen, und kann sie bis zum ganzen Umfange zählen, wo man freilich statt 350 Grade westlich, lieber 10 Grade östlich sagen wird. Alle Orte, die auf demselben Parallelkreise AG liegen, haben gleiche Breite; alle Orte, die auf demselben Meridiane liegen, wie D, K, E, haben gleiche Länge. Wäre die Erde eine genaue Kugel, so würden die Breitengrade auf der ganzen Erde gleich seyn, und zwei Orte, die bei gleicher Länge einen Breiten-Unterschied von 1 Grad hätten, lägen um $\frac{1}{360}$ des ganzen Erdumfangs von einander entfernt. Dagegen können zwei unter gleicher Breite liegende Orte sehr verschie-

dene Entfernungen von einander haben, wenn auch der Unterschied ihrer Länge gleich ist; denn die Orte R, S sind in Länge eben so viel verschieden, als die Orte B, E, obgleich, wie sich ohne Schwierigkeit übersehn läßt, der Bogen RS in der Nähe des Poles viel kleiner, als der Bogen EB auf oder nahe am Aequator ist. Daher braucht man in höheren Breiten, das ist da, wo man dem Pole näher ist, nur einen geringen Weg von Osten nach Westen zu machen, damit die Länge um 1 Grad geändert werde, statt daß auf dem Aequator diese Aenderung eine Reise von 15 Meilen fordert. *)

Die Mittel, um an jedem Orte die geographische Breite zu finden, und zu bestimmen, wie viel seine Länge von der Länge eines andern Ortes verschieden sey, erhellen schon aus dem Vorigen, und ich brauche daher diese nur mit wenigen Worten zu erwähnen. Wenn wir die Erde als eine genaue Kugel ansehen, so ist Polhöhe des Ortes und geographische Breite des Ortes ganz einerlei; denn wer auf dem Aequator wohnt, sieht beide Pole im Horizonte, oder findet die Polhöhe = 0, so wie auch seine Breite, sein Abstand vom Aequator = 0 ist. Entfernt man sich um $\frac{1}{90}$ des Erdquadranten BP vom Aequator, so ist die Breite = 1 Grad, und eben so hoch steht nun der Pol über dem Horizonte, und die Breite ist nördlich, wenn man den Nordpol über dem Horizonte sieht. Die Beobachtungen also, welche die Polhöhe bestimmen, ergeben eben dadurch die Breite. Die Länge oder vielmehr den Längenunterschied zwischen zwei gegebnen Orten, kann man durch zweierlei hier schon verständliche Mittel finden. Entweder man bedient sich einer sehr sicher gehenden Uhr, deren Gang viele Tage lang genau die Zeit angiebt, wann in A ein bestimmter Stern im Meridian gesehn wird; man reiset mit dieser Uhr nach D und beobachtet dort eben den Stern im Meridian; die Beobachtung zeigt,

*) In unsern Gegenden sind ungefähr 10 Meilen nach Osten oder Westen hinreichend, um 1 Grad Länge Unterschied zu bewirken; in der Gegend von Archangel 6 und eine halbe Meile.

senkung von den ältern Beobachtern nur übersehen sei, denn dazu ist sie zu auffallend; man kann auch nicht glauben, daß sie durch atmosphärische Bedeckungen jenen Beobachtern, die sich so anhaltend mit dem Monde beschäftigten, bei oft wiederholten Beobachtungen unkenntlich gewesen sei; und es scheint also nichts als eine neue Entstehung eine Erklärung für jene Weglassung in den ältern Charten zu geben. Ganz eben so verhält es sich mit dem Thale Cassini. Diese Wallebne von 10 Meilen Durchmesser liegt an der Grenze des Regenmeeres (mare imbrium), und ist von Cassini am Ende des siebzehnten Jahrhunderts richtig gesehen und gezeichnet worden, obgleich die älteren Beobachter diesen sehr kenntlichen Gegenstand nicht angeben. Die Vermuthung, daß sich hier Veränderungen zugetragen haben, gewinnt dadurch noch mehr Wahrscheinlichkeit, daß sich in der Nähe noch drei Einsenkungen befinden, die auf den ältern Charten nicht so wie sie jetzt sind, dargestellt werden, und daß Schröters eigne Beobachtungen in dieser Gegend Veränderungen andeuten. Diese Veränderungen stehen mit der Frage, ob man im Monde leuchtende Erscheinungen, — feuerspeiende Berge im Monde, gesehen habe, in Verbindung.

Herschel hatte nämlich im Jahre 1787 in der, bloß durch das Licht der Erde matt erhellten Nachtseite des Mondes, die man kurz nach dem Neumonde auch mit bloßem Auge erkennt, leuchtende Punkte, deutlich von denen unterschieden, die sich sonst in der Nachtseite mit Fernröhren wahrnehmen lassen, gesehen, und man erklärte dieß als sichtbare Ausbrüche von Mondvulcanen. Schröter, der schon sonst die Bemerkung gemacht hatte, daß man einzelne Punkte in der Nachtseite des Mondes vorzüglich hell sehe, und der daher der Meinung war, auch jene Erscheinung sei nur durch die Erleuchtung vom Erdenlichte hervorgebracht worden, beobachtete nun die Nachtseite des Mondes öfter, und glaubte seine Meinung durch die Beobachtung, daß man jene hellen Punkte, die man als bekannte Mondberge wieder erkennt, nicht immer gleich deutlich sieht, bestätiget zu sehen. Die dunkle Seite des Mondes zeigt sich nämlich, auch an solchen Tagen, die gleich weit vom

Neumonde entfernt sind, nicht immer gleich. Nicht bloß bemerkt man deutlich, daß vor dem Neumonde die Nachtseite heller ist, weil sie dann, indem wir sie sehen, ihr Licht von dem festen Lande Asiens empfängt, statt daß der Atlantische Ocean dem Monde weniger Licht zusendet, wenn er uns am Abendhimmel erscheint; sondern auch an demselben Tage nach dem Neumonde ist die Erleuchtung der Nachtseite ungleich, vermuthlich je nachdem heitrer Himmel oder Wolken auf der Erde, die Erde selbst mehr oder minder glänzend zeigen. Hiernach konnte man glauben, eine vorzüglich günstige Beleuchtung habe einen der Punkte, die das Erdenlicht am besten zurück werfen, mehr als gewöhnlich kenntlich gemacht, und selbst Herschel irre geleitet. Aber diese Meinung ward sehr erschüttert, als Schröter selbst am 26. Sept. 1788. an der Grenze des Regenmeeres einen sonst nie bemerkten Lichtpunkt wahrnahm. Er überzeugte sich, daß dieser an derselben Stelle blieb, und wollte so eben durch Messung seine genaue Lage bestimmen, als er ihn abnehmen und verschwinden sah. Der Ort, wo diese Lichterscheinung statt gefunden hatte, ward, mit Hülfe der in der Nachtseite kenntlichen Gegenstände, hinreichend genau bestimmt, und nun diese Gegend, sobald sie erleuchtet erschien, genau beobachtet. Es war eine durch frühere Beobachtungen und Messungen schon genau bekannte Gegend, und auffallend war es daher, daß sich jetzt hier ein Crater von 1½ Meilen Durchmesser zeigte, der früher nicht bemerkt worden war. Die Tiefe dieses Craters mußte nach dem bei hohem Sonnenstande ihn noch verdeckenden Schatten 8000 Fuß seyn; aber diese Tiefe blieb ungewiß, da sich Veränderungen zeigten, so als ob vielleicht zuweilen eine Verdeckung des Craters, eine Verdichtung in der Mond-Atmosphäre, statt finde. Das Daseyn des Craters aber war gewiß, und selbst jene atmosphärischen Bedeckungen konnten ja Folge der Eruptionen seyn, die vielleicht abwechselnd noch fortdauerten. Auch in der Folge schienen noch neue dauernde Veränderungen in dieser Gegend vorgegangen zu seyn; denn Schröter fand bei spätern Beobachtungen noch mehrere neue Crater, die schwerlich den frühern Beobachtungen hätten entgehen können, wenn

sie schon da gewesen wären. Wir können also hier wohl sicher sagen, es sind neue Crater unter unsern Augen entstanden, und mit einiger Wahrscheinlichkeit hinzufügen, daß die Entstehung derselben mit einer Lichterscheinung begleitet gewesen sei. —

Diese Beobachtung über neu entstandene Einsenkungen ist auch nicht die einzige. Schröter hatte schon früher die Mondgegend um den mit dem Namen Hevel bezeichneten Berg ausgemessen und aufgezeichnet; aber am 27. Aug. 1788. entdeckte er in der vom Ringgebirge Hevel eingeschlossenen Fläche einen Crater, der bei jener, 10 Monate früher vorgenommenen, Ausmessung nicht sichtbar gewesen war. Dieser Crater, bei a in Tab. VI. Fig. 3., fiel jetzt beim ersten Blicke in die Augen, und blieb nachher bei allen Stellungen der Sonne und bei allen Erleuchtungswinkeln sichtbar, so daß kein Grund, warum er bei der frühern Beobachtung unkenntlich gewesen seyn sollte, erhellte. Spätere Beobachtungen schienen auch zu zeigen, daß dieser neue Crater im Laufe des nächsten Jahres sich erweiterte.

Unter den spätern Beobachtungen ist vorzüglich die vom 5. Febr. 1821. merkwürdig, an welchem Tage Olbers in Bremen und Kater in London einen glänzenden Lichtfleck beobachteten, den Kater gradezu für eine vulcanische Erscheinung hält. Kater beobachtete ihn schon am 4. Febr. in der Nachtseite des Mondes, weit von dem erleuchteten Theile entfernt, und wiederholte die Beobachtung am 5. und 6. Febr. Nach seiner Bestimmung, deren genaue Gründe er jedoch nicht angiebt, war es der Berg Aristarch, in dessen Nähe sich diese Lichterscheinung zeigte. Am 5. Febr. hat Olbers eben diese Erscheinung gesehen; nämlich in der Gegend des Aristarch zeigte sich ein heller Punkt, einem Sterne sechster Größe gleich in der Nachtseite des Mondes. Olbers ist indeß nicht geneigt, einen Ausbruch eines Vulcans im Monde anzunehmen, da die ganze Beschaffenheit des Mondes dieser Meinung nicht günstig sei, sondern hält diesen lichten Punkt für eine Abspiegelung der leuchtenden Erde, deren Bild sich uns in einer Spiegelähnlichen Seitenwand des Gebirges Aristarch so auffallend deutlich zeigten. Daß

Nordost, mitten zwischen Süd und Ost, Südost, mitten zwischen Nord und Nordost, Nordnordost, mitten zwischen Nordost und Ost, Ostnordost setzen, und so für den ganzen Kreis verfahren, so giebt der Einschnitt des beweglichen Kreises in den Horizont uns den Windstrich an, nach welchem zu die Reise vom ersten Orte zum zweiten gerichtet werden müßte. Die Anzahl von Graden auf dem beweglichen Kreise, die zwischen jenen beiden Orten enthalten ist, giebt die Entfernung an, da jeder Grad 15 geographische Meilen enthält.

Dieses alles läßt sich bei ruhender Kugel übersehen. Durch eine Drehung der Kugel lernen wir dagegen zuerst alle die Orte kennen, die unter eben der geographischen Breite liegen; alle nämlich, die bei der Drehung nach und nach durch den höchsten Punkt der Kugel gehen. Aber die Drehung zeigt uns auch den Länge- oder Mittagsunterschied zweier Orte, und es ist zu diesem Zwecke am Pole eine kleine, auf dem Meridiane befestigte Scheibe angebracht, über welche ein mit der Axe fest verbundener Zeiger sich bei der Umdrehung der Kugel fortbewegt, um anzugeben, wie weit die Kugel fortgedreht worden. Jene Scheibe ist in 24 Stunden getheilt, und da ein Mittagsunterschied von einer Stunde nichts anders heißt, als daß man mit dem Aequator parallel den 24ten Theil des Umfanges durchlaufen muß, um von dem Meridiane des einen Ortes bis zu dem Meridiane des andern Ortes zu kommen, so hat man nur nöthig, den einen Ort unter den Meridianring zu bringen, und dabei den Zeiger jener Scheibe auf 12 Uhr zu stellen, und dann die Kugel zu drehen, bis der andre Ort unter dem Meridian ist; findet sich dann der Zeiger bis 2 Uhr fortgedreht, so sind die Meridiane beider Orte um $\frac{1}{12}$ des Umfangs von einander entfernt, und der Mittagsunterschied beträgt 2 Stunden.

Zur Beantwortung noch mehrerer Fragen führt die **Himmelskugel**, deren Einrichtung ganz eben so wie die bei der Erdkugel beschriebene ist, nur daß hier die Sterne nach ihrer wahren Stellung aufgetragen sind, und die Himmelspole es sind, die als Pole der Kugel in den Meridian eingehängt sind. An ihr lassen sich die Erscheinungen der Sterne, so wie sie jedem einzelnen Orte eigen sind, zeigen, und alle die Umstände

vor Augen legen, die an den verschiedenen Orten der Erde in Beziehung auf den Aufgang und Untergang der Gestirne vorkommen.

Um diese an der Himmelskugel zu sehen, stellt man den Pol so hoch über dem Horizonte, als es die Polhöhe des Ortes fordert, für welchen die Untersuchung angestellt wird. Bei dieser Stellung der Kugel kann man sogleich sehen, ob ein Stern an jenem Orte aufgeht, oder ob er immer über dem Horizonte verweilt; wie lange Zeit von seinem Aufgange bis zu seinem Untergange verfließt, und in welchem Punkte des Horizonts er aufgeht und untergeht. Bringt man irgend einen Stern unter den Meridian, so sieht man sogleich, welche Sterne mit ihm zugleich durch den Meridian gehen; man sieht die Sterne am Horizonte der Himmelskugel, die zu der Zeit aufgehen oder untergehen, wenn jener Stern im Meridian ist, und so weiter. Dreht man die Kugel von Osten nach Westen fort, so sieht man die Sterne nach und nach von Osten heraufsteigen, man sieht den hohen oder niedrigen Bogen, welchen jeder durchläuft; man bemerkt, wenn auf dem Horizonte die Himmelsgegenden angemerkt sind, ob er in Nordost, oder in welchem andern Punkte des Horizonts aufgeht; man sieht, welche Sterne ihren ganzen Kreislauf oberhalb des Horizontes vollenden, und eben so, welche Sterne an jenem Orte gar nicht aufgehen.

Zu den Zeitbestimmungen dient auch hier die kleine, am Pole angebrachte Stundenscheibe. Will man zum Beispiel wissen, wie lange der helle Stern Arcturus am Fuße des Bootes über dem Horizonte verweilt, so dreht man die Kugel so, daß dieser Stern gerade im Horizonte erscheint, und bringt zugleich den Stundenzeiger auf eine bestimmte Stunde, am besten auf 12 Uhr oder 0 Uhr; dreht man dann die Kugel bis zum Untergange des Arcturus fort, so zeigt das Fortrücken des Zeigers, wie viele Stunden während des Verweilens des Arcturus über dem Horizonte vergehen. Eben so kann man die Frage, wie viel später ein Stern als der andre aufgeht, und ähnliche Fragen beantworten.

Für jeden andern Ort auf der Erde muß man, um die Sterne so wie sie dort aufgehen und untergehen, auf der Kugel zu sehen, dem Pole eine andre Lage geben, und kann so die Erscheinungen am Aequator, wo alle Sterne 12 Stunden über dem Horizonte bleiben, am Pole, wo keiner aufgeht und keiner untergeht, sondern alle ganze Kreise über dem Horizonte beschreiben, und in jeder andern Gegend sich genau bekannt machen.

Fünfte Vorlesung.

Wir kehren endlich zur Betrachtung des Himmels zurück, von welcher ich Sie so lange entfernen mußte, um Ihnen ganz die wichtigen Folgerungen zu entwickeln, die sich schon aus der Untersuchung der einfachsten Himmelserscheinungen ergaben. Unsre Beobachtung soll sich jetzt zum Monde wenden.

Bei der Beobachtung der täglichen Bewegung der Sterne machten wir die Bemerkung, daß sie ihre Stellung gegen einander gar nicht änderten, und es muß uns daher wohl auffallend vorkommen, daß der Mond sich nicht genau an jene täglich gleiche Drehung der Sternenkugel bindet. Gestern sahen wir ihn bei den Sternen der Jungfrau, heute hat er diese verlassen und ist weiter östlich gerückt, und so sehen wir ihn täglich fortrücken und nach und nach, etwa in 4 Wochen, einen ganzen Umlauf um den Himmel vollenden, und diesen Kreislauf unaufhörlich fortsetzen. Erschien uns also gleich der tägliche Lauf der Sterne als Umdrehung einer festen Kugel, an welcher die Fixsterne befestigt wären, so sehen wir nun doch, daß der Mond nicht mit jener Kugel verbunden ist, daß er vielmehr wie ein frei schwebender Körper vor den Sternen vorbeirückt, sie in seinem Laufe, wenn er an kenntliche Sterne kommt, verdeckt, und also uns näher seyn muß,

als sie. Allerdings befolgt auch er die allgemeinen Gesetze des Aufgangs, des Untergangs und der täglichen Bewegung; aber während er so fortrückt, bleibt er allmählig hinter den übrigen Sternen zurück, oder hat eine von Westen nach Osten gehende eigne Bewegung. Beobachten wir seinen Lauf genauer, so werden wir gewahr, daß er an verschiedenen Tagen in ungleicher Höhe über dem Horizonte erscheint, daß er sich also nicht immer in gleichem Abstande vom Aequator befindet; wir bemerken, daß er auf seinem ganzen Kreislaufe den Aequator des Himmels zweimal durchschneidet und sich dann das eine Mal nordwärts, das andre Mal südwärts von demselben entfernt. Wegen dieser verschiedenen Entfernung vom Aequator sehen wir ihn zuweilen einen sehr hohen und weiten Bogen am Himmel beschreiben, und dagegen zwei Wochen später, wenn er sich in den entgegengesetzten Sternbildern befindet, nur kurze Zeit über dem südlichen Horizonte hervorkommen.

Aber nicht der Mond allein bietet uns diese Erscheinungen einer eignen Bewegung, eines Fortrückens unter den übrigen Sternen dar, sondern offenbar hat auch die Sonne eine ganz ähnliche Bewegung. Ihre verschiedene Stellung am Himmel, indem sie im Sommer sich sehr hoch über den Horizont erhebt und uns durch ihre lange dauernde Einwirkung und durch ihre um Mittag fast senkrecht auf uns herabfallenden Strahlen heiße Tage giebt, und im Winter dagegen, wenige Stunden über dem Horizonte erscheinend, und in niedriger Stellung kaum die Dünste am Horizont durchdringend, nicht einmal den Schnee zu schmelzen vermag, zeigt uns, daß auch sie einen Theil des Jahres nördlich, einen Theil des Jahres südlich vom Aequator steht; und wir können uns leicht überzeugen, daß mit dieser ungleichen Stellung gegen den Aequator auch eben so, wie wir es am Monde beobachteten, ein Fortrücken nach Osten verbunden ist. Dieses Fortrücken können wir zwar nicht so unmittelbar wahrnehmen, wie beim Monde, den wir von Stunde zu Stunde gegen die ostwärts in seiner Nähe stehenden Sterne zu rücken sehen; aber dennoch zeigt es sich uns sehr deutlich an den Sternen,

menus macht gewöhnlich, während er beleuchtet ist, in seiner Farbe gleichmäßige Fortschritte, so daß er allmählig dunkler wird, bis er kurz vor dem dortigen Sonnen-Untergange bald schwarzgrau, bald rauchgrau erscheint; aber einmal war dieser Wechsel plötzlich unterbrochen, so daß man an eine willkührliche Einwirkung der Bewohner zu denken veranlaßt wurde, die, wie Gruithuisen sagt, um so glaublicher ist, da der Mond hier Straßen besitzt, und in dieser Gegend (südlich von Archimedes) sehr bevölkert zu seyn scheint.

Diese Bemerkung führt mich endlich zu der allerschwierigsten Frage hinüber, ob wir denn je uns von dem Daseyn lebender Geschöpfe, vielleicht gar vernünftiger Bewohner im Monde überzeugen können. Schon Schröter hat dieß nicht für ganz unmöglich gehalten, und sieht ähnliche Erscheinungen wie die eben erzählte, als in der That auf Bevölkerung des Mondes hindeutend an. Er erzählt eine Beobachtung, wo in einer oft untersuchten Gegend auf einmal eine graue Ringebne mit grauem Ringgebirge sichtbar geworden war. Der Gegenstand war zu groß, als daß er frühern Beobachtungen hätte entgehen können, eine Veränderung in der Mond-Atmosphäre schien es eben so wenig, als ein durch Naturereignisse neu entstandner Berg zu seyn, und Schröter wirft daher die Frage auf, ob nicht diese Erscheinung und unzählbare ähnliche, die er beobachtet habe, zu dem Gedanken leiten könnten, daß solche Flächen zuweilen, durch absichtliche Cultur verändert, uns eine andre Farbe zeigten. Er führt auch ältere Beobachtungen an, die etwas Aehnliches anzudeuten scheinen, z. B. daß Bianchini's Beobachtungen der mit Newton bezeichneten Ebne, nicht mehr unsern jetzigen Beobachtungen entsprechen; Bianchini sah nämlich dort helle Streifen, bey einem Stande der Sonne, wo die Fläche jetzt ganz grau erscheint, und es sei wohl möglich, glaubte Schröter, daß ein solcher Wechsel aus allmähliger Cultur in einer langen Reihe von Jahren hervorgehe. Und zu leugnen ist es nicht, daß das ehmals mit Wald bedeckte Deutschland den Mondbewohnern anders erscheinen mochte, als das jetzige Deutschland, daß der ungeheure Waldbrand in Nord-Amerika im Sommer 1825, eine plötzliche

Aenderung der ganzen Ansicht jener Gegend bewirken konnte, und daß also auch im Monde uns ähnliche Umwandelungen wohl sichtbar werden könnten. — Die Entscheidung freilich, was da Natur und was Kunst bewirke, wird immer schwer bleiben.

Eine ähnliche Bemerkung macht Schröter bei einer andern Mondgegend, wo er eine Menge hüglicher Ungleichheiten gewahr ward, die nach der Kleinheit der Schatten keine 80 Fuß hoch seyn konnten, die also mit unsern Häusern, Dörfern, Städten gar wohl verglichen werden könnten. Die Bemerkung, daß auf der Erde die Wohnsitze der Menschen durch Rauchwolken, die über den Städten schweben, und durch ähnliche Wechsel oft ein ganz verschiedenes Ansehen erhalten, und daß auch diese feineren Gegenstände im Monde solchen Wechseln unterworfen sind, schien Schrötern zu der Meinung hin zu ziehen, daß auch dort sich uns eben hierin das Wirken lebendiger Wesen darthue. Sie sehen aus diesem allen, daß eine lange fortgesetzte Beobachtung, eine genaue Beachtung der in den Erscheinungen bemerkbaren periodischen Wechsel, vorzüglich wenn wir Mittel entdeckten, die Lichtwechsel nicht bloß nach unsichrer Schätzung, sondern strenger abmessend zu bestimmen, uns noch sehr viel über diesen Gegenstand lehren könnten, und so werden Sie die Bestrebungen Gruithuisens gewiß als Dank verdienend ansehen, wenn Sie auch seine Schlüsse zu kühn und seine Hoffnungen zu weit gehend finden.

Gruithuisen nämlich glaubt nicht bloß Heerstraßen auf dem Monde entdeckt zu haben, sondern auch große Bauwerke, deren eines er mit dem Namen Schröter belegt hat. Er findet nämlich zahlreiche Furchen, die ihm nichts anders als Waldalleen, aufgeräumte Wege in den dichtbewachsenen Landstrecken zu seyn scheinen; er giebt die Wohnungen der Mondbewohner als 40 bis 80 Fuß hoch, und kaum so groß im Durchmesser, an; er ist geneigt, die zuweilen beobachteten Lichterscheinungen auf dem Monde, nicht Vulcanen, sondern dem Hervorbrechen des beleuchteten Rauchs aus den Caminen der Höhlen bewohnenden Seleniten *) zuzuschreiben.

*) Kästners Archiv. 2. Th. S. 296.

darbietet, und welche sie theils in der uns umgebenden Natur bewirkt, bestimmt wird, aus soviel Tagen bestehen muß.

Diese Sonnenbahn, die Ecliptik am Himmel, ist ein gegen den Aequator des Himmels geneigter Kreis. Sie schneidet den Aequator da, wo das Sternbild der Fische steht, so daß dieser Durchschnittspunkt nahe bei dem Schwanze des westlichen Fisches sich befindet. Folgen wir der Ecliptik von hier an ostwärts, so geht sie etwas unterhalb der zwei kenntlichsten Sterne im Widder hin, mitten zwischen dem Auge des Stieres oder Aldebaran und dem Siebengestirne durch, unter den Köpfen der Zwillinge hin, fast genau durch den unter dem neblichen Sternhaufen im Krebse stehenden Stern, und fast genau durch das Herz des Löwen, Regulus. Im Flügel der Jungfrau, nahe unter dem mittlern der drei darin stehenden größern Sterne, durchschneidet die Ecliptik den Aequator zum zweiten Male, und geht dann südlich von demselben nahe an der Aehre in der Hand der Jungfrau, nahe an dem größern Sterne in der untern Wagschale, etwas oberhalb des Antares im Scorpion vorbei, durch den Kopf des Schützen, unterhalb der Hörner des Steinbocks hin, durch den Unterleib des Wassermanns bis zu dem Fische hin, wo wir den ersten Durchschnittspunkt mit dem Aequator fanden. In dieser Nachweisung haben Sie zugleich die Namen der zwölf Gestirne, die man als die zwölf Zeichen des Thierkreises, welchen die Sonne durchläuft, anzugeben pflegt. Dieser Kreis wird vom Aequator in zwei gleiche Hälften getheilt, indem die beiden Durchschnittspunkte mit dem Aequator einander genau gegenüber liegen, und die Ecliptik ist daher ein größter Kreis auf der Kugelfläche.

* *

Das Fortrücken der Sonne, wobei sie bald eine nördlichere, bald eine südlichere Stellung einnimmt, erklärt nun auch ihre Erscheinungen in den verschiedenen Jahreszeiten und in den verschiedenen Gegenden der Erde. Steht sie gerade im Aequator, welches am 21. März und am 23. September

verständlich zu machen; aber es scheint doch immer ein Feld von 30 bis 50 Quadratmeilen, und noch mehr, dazu zu gehören, um etwas den Seleniten Sichtbares auszuführen, und da würde selbst ein in blühendem Rübsen zwischen dunkeln Tannen dargestellter Pythagorischer Lehrsatz nicht so leicht zu vollenden seyn. —

Diese Vorschläge sehen freilich einem Scherze ähnlich; aber leugnen läßt es sich nicht, daß in dem Gedanken, bis zu einem andern Weltkörper hinüber eine Verbindung zwischen vernünftigen Wesen anzuknüpfen, etwas so Anziehendes liegt, daß man es wohl der Phantasie verzeihen kann, wenn sie sich für einen Augenblick das Unmögliche als Wirklich geworden denkt.

Dreißigste Vorlesung.

Nachdem ich Sie, m. h. H., mit so Manchem, was die Beschaffenheit der Mond-Oberfläche betrifft, unterhalten habe, muß ich nun noch auf einige, mehr den Lauf, und die Stellung des Mondes gegen die Erde betreffende Untersuchungen zurückkommen.

Der Mond kehrt uns fast genau immer dieselbe Seite zu, welches wir an der gleichbleibenden Lage seiner Flecken, die beim Zunehmen und Abnehmen seiner Lichtgestalt immer dieselben bleiben, deutlich bemerken. An der von uns abgewandten Seite des Mondes sehen die Bewohner niemals die Erde; in den Gegenden, die uns am Mondrande erscheinen, steht die Erde unaufhörlich beinahe genau im Horizonte; in den Gegenden, die uns in der Mitte der Mondscheibe liegen, steht die Erde immer nahe am Zenith; und überhaupt ändert sich — kleine Unterschiede bei Seite gesetzt — die scheinbare Stellung der Erde gegen den Horizont an keinem Orte auf dem Monde. Die Orte, denen die Erde sichtbar ist, genießen ein angenehmes Schauspiel, welches uns bei der Beobachtung des Mon-

des nicht zu Theil wird. Während die Erde unausgesetzt denselben Platz am Himmel einnimmt, wendet sie zu jeder Stunde eine andre Seite gegen den Mond, und während der Mondbewohner, um die Zeit des Neumondes, die Erde fortwährend ganz erleuchtet sieht, stellen sich ihm abwechselnd bald die dunkeln Meere, bald die glänzendern festen Länder dar, und die Rotation der Erde könnte dort einem nur mäßig aufmerksamen Beobachter nicht entgehen. Wenn der Mond uns nur zum Theil erleuchtet erscheint, so sehen die Mondbewohner auch die Erde nicht ganz erleuchtet, und zwar immer so, daß ihnen so viel von der Erde erleuchtet ist, als uns am Monde dunkel erscheint, nämlich beim Neumonde sehen sie die Erde ganz erleuchtet, weil ja dann der Mond ungefähr zwischen Sonne und Erde steht, beim Vollmond ist dagegen die dunkle Seite der Erde dem Monde zugewandt, und in der Zwischenzeit findet eben der Gegensatz statt. Indem der Mondbewohner die Erde ansieht, bietet sie ihm eine doppelte Zeitbestimmung dar; erstlich zeigt sie auf eine ähnliche Weise, wie uns der Mond, durch ihre Lichtgestalt den Verlauf des Monats, wie weit sie vom Neulichte oder Volllichte entfernt ist, zweitens giebt sie durch ihre Rotation gleichsam eine Stunden-Abtheilung, indem der Mondbewohner sich nur gewisse Flecken zu bemerken braucht, um (vorausgesetzt, daß kein bewölkter Himmel auf der Erde hinderlich ist,) an der Stellung dieser Flecken den Verlauf eines Erdentages zu beobachten, der auch ihm zu einer bequemen Abtheilung seiner langen Tage dienen kann. Die Bewohner der von uns abgewandten Mondhälfte entbehren diesen Vortheil ganz.

Lassen Sie uns nun auch die scheinbare Stellung und Bewegung der Sterne, so wie sie sich auf dem Monde darstellt, in Erwägung ziehen. Um diese Betrachtung zu erleichtern, will ich es so ansehen, als ob der Mond sich in der Ecliptik bewegte, und im strengsten Sinne der Erde dieselbe Seite zuwendete. Wenn der Mond, den ich hier als eine große Kugel a b zeichne, ohne mit der Erde fortgeführt zu werden, bloß seinen Kreis ABCD (Tab. II. Fig. 2.) durchliefe, so stände in A der Stern U dem Orte a auf der Ober-

fläche des Mondes im Zenith; bei der Stellung in B ist noch immer der Ort a der Erde zugewandt, und dieser Ort hat nun den Stern U offenbar nach der Richtung a′U′ im Horizonte; bei der Stellung in C befindet sich der Stern U im Nadir des Punktes a, und ist also unter dem Horizonte verborgen; in der Stellung D endlich ist eben der Ort in a″, und sieht nun den Stern U nach der Richtung a″U″ wieder im Aufgange. Die Orte also, welche auf dem Monde ungefähr die Erde in ihrem Zenith sehen, beobachten eben so gut, wie wir, ein Aufgehen und Untergehen der Sterne; die ganze Himmelskugel scheint ihnen in nicht völligen 28 Tagen eine Umdrehung zu machen, und wenn wir selbst in diesem Standpunkte die Erscheinungen beobachteten, so würden wir aus dieser scheinbaren Umdrehung der Himmelskugel eben so gut auf eine Rotation des Mondes um eine gegen die Ecliptik senkrechte Axe schließen, wie wir es aus der ähnlichen Erscheinung auf der Erde thun. Auch auf dem Monde giebt es einen Punkt, dem der Stern, welcher einmal im Zenith erscheint, immer im Zenith steht; auch den Mondbewohnern scheinen alle Sterne um eben jenen Stern, der dem Pole des Mondes im Zenith steht, ihre Umläufe zu vollenden, und dieser Stern ist ihnen Polarstern. Der Mond dreht sich also um eine gegen diesen Polarstern gerichtete Axe, und nach diesen Erörterungen, da der Mond demselben Fixsterne nach und nach seine verschiedenen Seiten zuwendet, werden Sie wohl kein Bedenken tragen, ihm eine wahre Axendrehung beizulegen, obgleich er der Erde immer dieselbe Seite zuwendet. Die Zeit einer ganzen Umdrehung ist genau der siderischen Umlaufszeit des Mondes gleich; denn, da die Erde während seines Umlaufs nach V gekommen ist, so sieht der Ort a‴ wieder den Stern U im Zenith, ehe es Neumond ist, nämlich dann, wenn der Mond uns wieder genau bei dem Sterne erscheint, welcher dem Sterne U grade gegenüber steht.

Verhielte es sich ganz so, wie ich bisher angegeben habe, so träfe der Pol des Mondes genau mit dem Pole der Ecliptik zusammen; das aber ist nicht genau der Fall, sondern die Axe des Mondes weicht etwas von dieser Richtung ab, was

jedoch in dem Gange der Erscheinungen nur eine geringe Aenderung macht. Wichtiger ist dagegen die Bemerkung, daß der Mond, weil er in einer elliptischen Bahn um die Erde läuft, nicht ganz genau immer dieselbe Seite gegen die Erde kehrt, und daß der Beobachter auf der Erd-Oberfläche nicht immer genau dieselbe Seite sieht. Die kleinen Schwankungen, die man bei genauer Beobachtung wahrnimmt, vermöge welcher die dem Mondrande nahen Flecken zuweilen etwas näher am Rande, zuweilen entfernter von demselben liegen, heißen die Librationen des Mondes, und diese finden aus mehr als einer Ursache statt. Die am leichtesten zu übersehende Ursache ist die, daß wir, auf der Oberfläche der Erde wohnend, schon nicht genau dieselbe Seite des Mondes sehen, welche ein Beobachter im Mittelpunkte der Erde sähe, sondern wenn im strengsten Sinne der Mond gegen den Mittelpunkt der Erde immer dieselbe Seite wendet, so werden wir gleichwohl an dem oberen Rande des aufgehenden Mondes einen kleinen Theil seiner Oberfläche sehen, den man vom Mittelpunkte der Erde nicht sieht, und der sich auch uns entzieht, wenn der Mond gegen unser Zenith herauf steigt. Die Figur (Tab. II. Fig. 3.) zeigt dieß deutlich; denn dem Beobachter in C ist offenbar der Theil des Mondes Ee sichtbar, den die Berührungslinien CE, Ce, begrenzen; dem Beobachter in A dagegen der Theil Ff, der zwischen den Berührungslinien AF, Af liegt, EF ist also der Theil der Mondfläche, der durch diese Libration oder anscheinende Schwankung beim Aufgange des Mondes dem Beobachter in A sichtbar wird, und fe der Theil, den er unter eben den Umständen aus den Augen verliert.

Aber noch ein andrer Umstand bewirkt eine solche Libration des Mondes, und diese ist um so wichtiger, da sie die Behauptung, der Mond drehe sich um seine Axe, noch in ein neues Licht setzt. Die Bahn des Mondes um die Erde ist elliptisch, und der Mond durchläuft daher die eine Hälfte seiner scheinbaren Bahn schneller als die andre; dagegen ist die Umdrehung um die Axe gleichförmig, und aus diesem Grunde ist nicht immer dieselbe Seite gegen die Erde gewandt. Um dieß auffallender zu machen, zeichne ich (Tab. VI. Fig. 4.)

die Mondbahn sehr elliptisch, und setze die Erde in den Brennpunkt G. Wenn hier der Mond von A bis H gekommen ist, so hat er scheinbar 90 Grade durchlaufen, aber der vierte Theil seiner Umlaufszeit ist noch lange nicht vollendet, und auch der vierte Theil der Axendrehung des Mondes ist nicht vollendet. Erst wenn der Mond bis B gekommen ist, ja eigentlich erst jenseits B, ist ein Viertel der Umlaufszeit vorbei, und die Hälfte a b c, die in A gegen den Mittelpunkt der Bahn gerichtet war, ist auch jetzt nahe genug gegen den Mittelpunkt der Bahn gerichtet; *) von der Erde G aus sieht man aber den Theil d b c e, und folglich ist das Stück c e jetzt durch Libration sichtbar, das Stück d a durch Libration unsichtbar, statt daß in einem Punkte, der hier als mit dem Mittelpunkte der Bahn zusammenfallend angesehen werden mag, immer dieselbe Seite des Mondes gesehen wird. Diese Schwankungen des Mondes sind es, auf welche man sehr genaue Rücksicht nehmen muß, wenn man diejenigen Verschiedenheiten, die bei gleicher Mondphase dennoch in dem Ansehen der Gegenstände eintreten, richtig beurtheilen will, und an die ich neulich dachte, als ich bemerkte, selbst bei gleicher Erleuchtung des Mondes, bei gleichem Abstande irgend eines Gegenstandes von der Lichtgrenze, sei doch eine Ungleichheit in der Erscheinung der Gegenstände möglich.

Vermöge dieser und ähnlicher Umstände bekommen wir etwa den zwanzigsten Theil der eigentlich von uns abgewendeten Seite zu sehen; der übrige Theil bleibt uns ganz unbekannt, und auch dieses Zwanzigstel, so wie alle Gegenden am Mondrande, lernen wir höchst unvollkommen kennen, da sie uns sehr schmal erscheinen, ob sie gleich in der Wirklichkeit sehr bedeutende Theile der Mondfläche bedecken.

Die Ursache, warum der Mond uns immer dieselbe Seite zuwendet, warum er mit der vollkommensten Genauigkeit eine Axendrehung vollendet, während er einen ganzen Umlauf um die Erde macht, läßt sich nach den Gesetzen der anziehenden

*) Nicht genau gegen den Mittelpunkt der Bahn, aber die genauere Bestimmung darf ich hier wohl übergehen.

Sechste Vorlesung.

Ehe ich Sie, m. h. H. weiter mit den Erscheinungen bekannt mache, welche Sonne und Mond uns darbieten, scheint es mir nothwendig Ihnen etwas von dem Einflusse zu sagen, den unser Luftkreis auf den scheinbaren Ort der Gestirne hat. So klein die Aenderung in den meisten Fällen ist, welche die Höhe der Gestirne über dem Horizonte dadurch leidet, daß der von ihm zu uns kommende Lichtstrahl durch die Luft geht, so ist er doch für den genau beobachtenden Astronomen nie unbedeutend, und in manchen Fällen wird er groß genug, um selbst dem minder sorgfältigen Beobachter merklich zu werden, und da dieses gerade in Beziehung auf einige der neulich erzählten Erscheinungen gilt, so finde ich mich veranlaßt, Sie mit den Aenderungen, welche die Richtung des Lichtstrahls bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre leidet, näher bekannt zu machen.

Daß unsre Erde mit Luft umgeben ist, kann ich zwar als etwas sehr bekanntes voraussetzen, aber einige Worte über die Bestimmung der Dichtigkeit dieses die Erde umgebenden Flüssigen, über die Mittel, die Höhe des Luftkreises ungefähr zu bestimmen, werden gleichwohl nicht am unrechten Orte seyn. Die Mittel dazu bietet uns das Barometer dar, ein Instrument, dessen Einrichtung auf folgenden Betrachtungen beruht.

Wenn man (Fig. 23.) ein Gefäß mit Wasser bis an ab füllt, und es durch eine Oeffnung c im Boden mit der gekrümmten Röhre cde in Verbindung setzt: so steigt das Wasser bekanntlich in dieser Röhre so hoch, bis es bei f die Erweiterung der Horizontalebne ab erreicht. Wäre hier auch das Gefäß abc so geschlossen, daß wir nicht sehen könnten, wo die Oberfläche ab sich befindet, so würden wir gleichwohl aus der Beobachtung der Oberfläche f genau wissen, wie hoch das Wasser in jenem geschlossenen Gefäße stände. Etwas anders verhält es sich, wenn nicht Wasser mit Wasser, sondern Wasser

minder weiße, weniger Licht reflectirende Gegenstände mit weißeren gemischt sind, so darf man für ihn nur etwa annehmen, daß er den vierten Theil des auffallenden Lichtes reflectirt; und darnach berechnet, könnte man die vom Vollmonde uns ertheilte Erleuchtung nur etwa auf ein Dreihunderttausendtel der Erleuchtung setzen, die uns durch die Sonne zu Theil wird. Ungefähr läßt sich der geringe Grad der Erleuchtung, welchen wir dem Monde verdanken, auch aus dem matten Glanze abnehmen, welchen er uns bei Tage zeigt. Er gleicht da einem hellen Wölkchen, und da nun ein ganz mit hellen Wölkchen belegter Himmel doch gewiß nicht mehr Erleuchtung, als die Sonne selbst, bewirkt, so erhellt, welche geringe Erleuchtung der Mond allein, den wir als ein unbedeutend kleines Wölkchen ansehen können, zu bewirken im Stande ist. Wenn der Mond uns halb erleuchtet erscheint, so sendet er uns nicht völlig ein Drittel des Lichtes zu, welches wir im Vollmond von ihm erhalten; denn da im Vollmond seine Mitte von der dort im Zenith stehenden Sonne vollkommener erleuchtet wird, als es zur Zeit der Viertel, wenn die Sonne den um die Mitte des Mondes liegenden Gegenden erst aufgeht, oder ihnen untergeht, der Fall ist, so nimmt die uns zu Theil werdende Erleuchtung nicht allein nach dem Maaße der verminderten Größe seines erleuchteten Theiles, sondern noch stärker ab, weil der uns zugewandte erleuchtete Theil des Mondes selbst desto schwächer erleuchtet ist, je geringer er wird, oder je weniger wir von den Gegenden sehen, welchen die Sonne im Zenith ist. Da für die Mondbewohner eben dieses in Beziehung auf die Erde gilt, so übersehen Sie zugleich den Grund, warum die gleich nach dem Neumonde oder kurz vor dem Neumonde so merkliche Erleuchtung der dunkeln Mondseite durch Erdenlicht, schon wenige Tage nach dem Neumonde so sehr viel schwächer wird.

Ich endige hiemit die Erzählung dessen, was ich Ihnen über den Mond mitzutheilen habe, und werde nun zur Sonne übergehen.

Ein und dreißigste Vorlesung.

Die glücklichen Erfolge, welche die Bemühung, die Oberfläche des Mondes näher kennen zu lernen, belohnt haben, sind zwar wohl geeignet, uns die Hoffnung zu gewähren, auch über die Beschaffenheit andrer Weltkörper werde sich mit Hülfe von Fernröhren mancher Aufschluß ergeben; aber gewiß setzen Sie selbst schon dieser Hoffnung die niederschlagende Bemerkung entgegen, daß alle übrigen Weltkörper so ungemein viel entfernter sind, als der Mond, und daß also die einer genauen Kenntniß derselben entgegenstehenden Schwierigkeiten in starkem Maaße wachsen müssen.

Was die Sonne betrifft, so kömmt zu der Schwierigkeit, sehr entfernte Gegenstände zu erkennen, noch die weit erheblichere, daß uns dort alle Vergleichung mit Gegenständen auf der Erde verläßt, und daß wir also weit schwerer ein Urtheil über das Gesehene bilden, und nicht mit Sicherheit aus dem Erscheinen des Gegenstandes auf seine wahre Beschaffenheit schließen können.

Die Sonne ist mit einem Glanze umgeben, hinter dem die irdischen Erleuchtungsmittel weit zurückbleiben, und über dessen Entstehen wir gar keine, von Erscheinungen auf der Erde hergenommene Muthmaßung wagen können. Die Sonne sendet Licht aus, und theilt der Erde Wärme mit, ohne daß sie sich verzehrt, und ihr Brennen muß also wohl von dem Verbrennen, welches wir auf der Erde kennen, wobei die Stoffe in ganz und gar veränderte Form übergehen, höchst verschieden seyn. —

Ueber einen, so gänzlich außerhalb dem Kreise unsrer Beobachtungen liegenden Gegenstand, Vermuthungen aufzustellen, scheint kaum irgend einen Nutzen zu haben, und Sie werden von mir daher nicht erwarten, daß ich bei Hypothesen über die Frage, welcher Proceß dort seit Jahrtausenden thätig sei,

verweile. Daß wir diesem wundervollen Körper Licht und Wärme verdanken, daß über das ganze Planetensystem sich dieses Licht, obgleich mit abnehmender Stärke in größerer Entfernung, verbreitet, das wissen wir mit Sicherheit; aber selbst die leichte Frage, ob denn auch die belebende Wärme, deren wir uns erfreuen, den übrigen Planeten zu Theil werde, können wir nicht mit ganz entschiedener Sicherheit beantworten, da manche Erscheinungen der Wärme sich so darstellen, als ob diese erst an den Gegenständen auf der Erde entstände. Aus diesem Grunde müssen wir auch Bedenken tragen, die langen Tage im Monde als eine so ungemein hohe Temperatur bewirkend anzusehen, und den beschwerlichen Wechsel zu beklagen, den die kalten langen Nächte dort hervorbringen können; denn dieses, so wie die Empfänglichkeit der lebenden Wesen für Kälte und Wärme, kann dort ganz anders seyn, als die Analogie mit irdischen Gegenständen es zu ergeben scheint. Aus eben diesem Grunde ist die Beantwortung der Frage, ob die der Sonne näheren Planeten sehr erhitzt werden, ob die Oberfläche der Sonne selbst sehr großer Hitze ausgesetzt sei, nicht so bestimmt zu beantworten, statt daß wir über die stärkere Erleuchtung in der Nähe der Sonne durch das schöne Licht der ihr näheren Planeten deutlich belehrt werden.

Obgleich die Sonne dem bloßen Auge, und selbst dem durch ein schwaches Fernrohr unterstützten Auge, wenn man ihr Licht durch gefärbte Gläser mäßiget, fast immer als eine Feuerkugel, gleichförmig leuchtend in allen Punkten, erscheint, so entdeckt man doch, bei häufigerer Beobachtung und bei stärkerer Vergrößerung, schwarze Flecke in der Sonne, auf welche man auch schon kurz nach Entdeckung der Fernröhre aufmerksam wurde. Diese Flecke sind zwar höchst veränderlich, man sieht sie oft heute in der Mitte der Sonne, wenn auch gestern keine da waren, man sieht die schon beobachteten zuweilen an den folgenden Tagen in ganz andrer Gestalt, in mehrere zertheilt, oder aus mehreren zusammen geflossen; aber dennoch bemerkt man, so lange sie bestehen, ein regelmäßiges Fortrücken auf der Sonnenscheibe, welches auf eine Umdrehung der Sonne um ihre Axe mit völliger Sicherheit schließen läßt. Hat man

nämlich gestern einen Fleck in der Sonne gesehen, und hat seine Stelle durch Messung bestimmt, so sieht man gewöhnlich eben den Fleck, wenn auch vielleicht in etwas veränderter Gestalt, auch heute wieder, und findet ihn mehr dem westlichen Rande der Sonne zu gerückt; am nächsten Tage nähert er sich diesem noch mehr, und vollendet, wenn er so lange kenntlich bleibt, in etwa 14 Tagen einen völligen Durchgang durch die Sonnenscheibe. Flecke, die sehr lange bestehen, sieht man auch wohl, nachdem sie, seit ihrem Verschwinden am westlichen Sonnenrande, 14 Tage unsichtbar gewesen sind, am östlichen Rande wieder hervorkommen, und in einzelnen Fällen wenigstens hat man denselben Fleck viele Umläufe vollenden sehen, wenn gleich eine ganz ungeänderte Gestalt desselben in so langer Zeit wohl niemals statt findet.

Um Ihnen diese Umläufe anschaulich vorzustellen, habe ich in Tab. II. Fig. 4. eine Reihe von Beobachtungen dargestellt, wo ich selbst im Jahre 1819. einen Fleck, der ziemlich unverändert wiederkehrte, zwei Umläufe habe vollenden sehen. Der Fleck mochte am 18. Mai eingetreten seyn, wurde aber erst am 20. Mai zuerst beobachtet, und dann, so wie die Zahlen es zeigen, bis zum 28. Mai verfolgt; er hätte, wenn die Beobachtung nicht durch ungünstige Witterung unterbrochen wäre, noch einige Tage sichtbar bleiben müssen. Am 16. Juni war eben dieser Fleck wieder in die Sonnenscheibe eingetreten, und an diesem Tage ziemlich eben so weit vom Rande als am 20. Mai beobachtet. Die Beobachtung wurde vom 18. bis 23. Juni unterbrochen, aber am 23. Juni, so wie am 24. und 26. war noch eben der Fleck zu sehen. Da er am 24. Juni fast eben die Stelle, wie am 28. Mai einnahm, am 23. Juni, wie am 27. Mai, am 18. Juni, wie am 22. Mai, so hatte er 27 Tage und etwas darüber, zu einem scheinbaren Umlaufe angewandt, und dieß stimmt mit andern Beobachtungen, welche $27\frac{1}{3}$ Tag angegeben haben, überein. Dieses regelmäßige Fortrücken und Wiederkehren der Sonnenflecken deutet offenbar auf eine Umdrehung der Sonne um ihre Axe hin, und zwar auf eine Rotation, die eben so nach der Ordnung der Zeichen gerichtet ist, wie die Umdrehung

der Erde. Die Zeit der Umdrehung ist offenbar kürzer als 27 Tage; denn wenn wir, als die Erde in B stand (Tab. VI. Fig. 5.), den Sonnenfleck mitten in der Sonne in A sahen, und nach $27\frac{1}{3}$ Tagen, wo die Erde in C ist, ihn wieder mitten in der Sonne sehen, so hat er einen ganzen Umlauf und noch den Bogen AD außerdem zurückgelegt; dieser Bogen AD enthält so viele Grade, als die Erde in 27 Tagen in ihrer Bahn durchläuft, also 27 Grade, und der einfache Satz, daß in $27\frac{1}{3}$ Tagen 387 Grade, also in $25\frac{1}{2}$ Tag 360 Grade durchlaufen, oder eine Rotation vollendet werde, läßt sich leicht übersehen.

Die Lage der Sonnenaxe ist nicht ganz so leicht genau anzugeben, indeß wird die in der Figur (Tab. II. Fig. 4.) gezeichnete Bahn des Sonnenflecks Ihnen schon ungefähr zeigen, wie die Lage der Axe bestimmt wird. Um den Anfang des Juni weichen die scheinbaren Bahnen der Flecken wenig von einer graden Linie ab, und Sie übersehen wohl, daß die Bahn ganz grade, und mit der Linie BC übereinstimmend wäre, wenn der Pol A der Sonne genau im Rande der Sonne läge. Aber nur am 8. Juni steht die Erde so, daß sie den Nordpol der Sonne in A, den Südpol in D, im Sonnenrande sieht; vorher dagegen befinden wir uns auf der Seite, wo der Südpol uns zugewandt ist, und die Bahn jedes Fleckes wendet daher ihre convexe Seite nach Norden, statt daß nach dem 8. Juni die durchlaufenen Bogen immer deutlicher ihre concave Seite nach Norden kehren. Wegen dieser veränderten Stellung der Erde gegen die Sonnenaxe durchläuft auch derselbe Fleck bei seiner Wiederkehr nicht dieselbe scheinbare Bahn auf der Sonnenscheibe, und würde, wenn man ihn ein halbes Jahr später, im December, noch wieder beobachtet hätte, eine Bahn etwa wie GH durchlaufen, weil wir uns dann an der grade entgegengesetzten Seite der Sonne befinden, und daher den Fleck im einen Falle nach derselben Seite heraufsteigend sehen, wo er im andern Falle wegen der schiefen Lage der Sonnenaxe herabstieg.

Die genaue Bestimmung der Rotationszeit der Sonne, und auch der Lage ihrer Axe, würde bei genauer Beobachtung

gelangen, und wir würden dann den Stern eben so gehoben, oberhalb des Horizonts sehen, wie wir in Fig. 26. den Punkt a über den Rand des Gefäßes hervor gehoben sehen, hinter welchem er eigentlich verborgen seyn sollte.

Durch diese Strahlenbrechung oder Refraction erscheint jeder Stern, allemal etwas höher über dem Horizonte, als es bei geradem Fortgange des Lichtstrahls der Fall seyn würde; die Astronomen nehmen hierauf bei ihren Beobachtungen Rücksicht, aber bei höher stehenden Sternen ist der Unterschied minder erheblich, bei den nahe am Horizonte stehenden dagegen, beträgt er ungefähr so viel, als der Durchmesser der Sonne, so daß ungefähr die nach dem Horizonte gezogene gerade Linie schon den obern Rand der Sonne treffen würde, in dem Augenblicke, da unserm Auge erst der untere Rand sich hinter dem Horizonte zu verbergen scheint.

Die Brechung erfolgt aber hier nicht plötzlich beim Eintritt des Lichtstrahls in die Atmosphäre, sondern da in den höchsten Schichten die Luft sehr dünne ist, so ist die Ablenkung des Strahles von seiner anfänglichen Richtung zuerst geringe; nach und nach aber wird sie stärker, und der Strahl durchläuft eine krumme Linie, deren letzte Richtung diejenige ist, in welcher unser Auge den ankommenden Strahl empfindet, und diejenige, in welcher wir den Gegenstand zu sehen glauben.

Das kurze Resultat aller dieser Ueberlegungen ist, daß die Sonne und die Sterne uns allemal etwas mehr gegen den Zenith hinauf gerückt erscheinen, als es ihrer wahren Lage nach der Fall seyn sollte, und daß sie daher etwas früher von uns gesehen werden, ehe sie eigentlich über den Horizont hervorkommen, dagegen etwas später untergehen, wenn sie sich schon in einer Lage befinden, wohin die vom Auge aus gehende gerade Linie durch die undurchsichtige Erde unterbrochen ist.

Hierauf muß man bei mehrern derjenigen Bestimmungen, die ich früher erwähnt habe, Rücksicht nehmen. Bei der Bestimmung der Polhöhe sahen wir es so an, als ob die von einem Sterne um den Pol des Himmels täglich beschriebene Bahn ein ganz genauer Kreis wäre; dieses ist aber

wegen der Strahlenbrechung nie genau, und nur bei den Sternen beinahe der Fall, welche dem Pole sehr nahe stehen. Wie fern es bei andern Sternen von der genauen Richtigkeit abweicht, wird sich an folgendem Beispiel am leichtesten übersehen lassen. Es befinde sich der Beobachter gerade unter einer Polhöhe von 45 Graden, wo also der Pol des Himmels genau mitten zwischen dem Zenith und dem Horizonte steht; dieser Beobachter sehe einen Stern genau in seinem Zenith, und verfolge ihn nun, bis er den Meridian unterhalb des Poles abermals erreicht. Im Zenith ist kein Einfluß der Strahlenbrechung vorhanden, und wenn diese auch bei den übrigen Stellungen des Sternes nicht einwirkte, so müßte der Stern genau im Horizonte selbst den nördlichen Meridian erreichen; aber wegen der Strahlenbrechung erscheint er am Horizonte um mehr als einen halben Grad höher, als er sollte, folglich dem wahren Pole des Himmels um einen halben Grad näher gerückt, und der Beobachter, der auf die Strahlenbrechung nicht Rücksicht nähme, würde seinen Pol hiernach in die Mitte zwischen $\frac{1}{2}$ Grad Höhe und 90 Grad Höhe, also auf $45\frac{1}{4}$ Grad setzen, obgleich sie in der That nur 45 Grade wäre.

Auf ähnliche Art, obgleich weniger, würde immer die Polhöhe unrichtig bestimmt, auch wenn man Sterne zu ihrer Bestimmung wählt, die dem Pole näher stehen, wofern man die Strahlenbrechung unbeachtet ließe; und man muß folglich hier und allemal die Refraction in Rechnung bringen, wenn irgend eine Höhenmessung etwas Genaues ergeben soll.

Daß die Sonne vermöge der Strahlenbrechung etwas früher aufgeht, und etwas später untergeht, hat in unsern Gegenden nur einen unbedeutenden Einfluß, indem die Zeit des Auf- und Unterganges nur um einige Minuten geändert wird; in der Nähe des Poles dagegen, ist dieser Einfluß sehr merklich. Wenn ein Beobachter unter 70 Grad Breite überwintert, so sollte er eigentlich den obern Sonnenrand aufgehen sehen, wenn der Sonne Mittelpunkt $20\frac{1}{4}$ Grad vom Aequator des Himmels südlich entfernt ist, welches am 20sten Januar statt findet; aber wenn die Strahlenbrechung nur

etwas mehr als $\frac{1}{2}$ Grad beträgt, so wird er den Sonnenrand schon drei Tage eher am Horizont auf einen Augenblick erscheinen sehen. Aber in jenen kalten Gegenden scheint die Strahlenbrechung am Horizonte noch viel größer zu seyn, und wenn die Erzählung genau richtig ist, die man von den auf Nova Zembla überwinternden Holländern aufbehalten hat, so muß sie zuweilen $4\frac{1}{2}$ Grad betragen. Unter einer Breite von 76 Graden, wo diese sich ungefähr befanden, sollte eigentlich der erste Sonnenrand sich zeigen, wenn der Mittelpunkt der Sonne noch $14\frac{1}{4}$ Grad südlich vom Aequator entfernt ist, das ist am 11ten Februar, aber vermöge einer so starken Refraction war es möglich, sie zwei ganze Wochen früher hervorkommen zu sehen. Dadurch also werden die langen Polarnächte um etwas Erhebliches abgekürzt.

Diese ungemein starke Strahlenbrechung scheint zwar auffallend; aber selbst in unsern Gegenden kommen Fälle vor, wo die Brechung der Strahlen die gewöhnlichen Grenzen bei weitem übersteigt. Ich will nur einen solchen recht merkwürdigen Fall erwähnen, den ich selbst beobachtet habe. Auch diejenigen Strahlen, die von irdischen Gegenständen ausgehn, leiden allemal einige Brechung, weil sie nach und nach in Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit gelangen; aber diese Brechung ist zuweilen so stark, daß man Gegenstände zu sehen bekömmt, die man gar nicht zu sehen erwartet. Die niedrigen Marschländer an der Nordsee, sind mit hohen Deichen von 16 bis 18 Fuß über dem Boden des Landes umgeben; wenn also b (Fig. 28.) einen solchen Deich oder Damm vorstellt, so scheint es unmöglich, daß ein Auge in a, etwa 10 Fuß niedriger als der Gipfel des Deiches, die Oberfläche d des Meeres, die 20 Fuß niedriger als jener Gipfel ist, sehen könne. Gleichwohl war das am 6ten April 1803 der Fall, und eben das kömmt zwar selten, aber doch von Zeit zu Zeit wieder vor. Ich befand mich an jenem Tage innerhalb dieses Deiches, mein Auge etwa 10 Fuß unter dem Gipfel des Deiches, und dennoch sah ich die Oberfläche des Wassers jenseits des Deiches mit den an einem sehr entfernten Theile des Ufers liegenden Gegenständen. Der Lichtstrahl machte also

einen so krummen Weg, wie dcba, und gelangte so zum Auge. An diesem Tage mußte gewiß auch die Sonne merklich später als sonst untergehen; aber es gab an diesem merkwürdigen Abend ohnehin so viel zu beobachten, daß ich der Sonne wenig Aufmerksamkeit widmen konnte.

Doch es ist Zeit, diese Betrachtungen abzubrechen *).

Siebente Vorlesung.

Die künstliche Himmelskugel bietet ein recht brauchbares und angenehmes Hülfsmittel dar, um die Erscheinungen der Sonne in verschiedenen Gegenden und zu verschiedenen Jahreszeiten nicht bloß im Allgemeinen darzustellen, sondern auch für jeden bestimmten Tag die Zeit und den Ort ihres Aufgangs und Untergangs so gut anzugeben, als es auf einem nicht so sehr großen Kreise möglich ist.

Lassen Sie uns die Anwendung sogleich auf unsern Wohnort machen und den Pol P der Himmelskugel (Fig. 2.) auf 51 Grad Höhe über dem Horizont stellen. Auf der Himmelskugel finden Sie die Ecliptik, den Kreis welchen die Sonne scheinbar am Himmel durchläuft, gezeichnet, und auf ihr die Punkte bemerkt, wo nach dem Ausdruck unserer Kalender die Sonne in ein neues Zeichen tritt. Dabei muß ich noch Folgendes bemerken. Unsere Kalender und alle astronomischen Bücher sagen, die Sonne tritt in den Widder an dem Tage, wo die Nachtgleiche ist, oder wo die Sonne

*) Ueber die damals und an ähnlichen Tagen beobachteten Erscheinungen, habe ich vollständigere Nachrichten gegeben, und ihren Ursprung erörtert in: Beobachtungen und theoretischen Untersuchungen über die Strahlenbrechung. (Oldenburg, 1807.) und in: Kronos. Jahrgang 1817.

anfängt eine nördliche Abweichung vom Aequator, nördliche Declination, zu erhalten, gleichwohl liegt dieser Punkt im Sternbilde der Fische und erst einen Monat später gelangt die Sonne zu den Sternen des Widders. Dieser Sprachgebrauch deutet noch auf uralte Zeiten hin, da wirklich der Nachtgleichenpunkt so lag, daß die Sonne ungefähr in den 30 nächsten Tagen durch das Sternbild des Widders fortrückte, dann den Stier erreichte, und so ferner. Seit jener Zeit ist allmählig der Nachtgleichenpunkt zurückgerückt und befindet sich jetzt bei den Fischen, aus denen er in einer spätern Zukunft in den Wassermann hinüber gehen wird; aber der Sprachgebrauch, die ersten 30 Grade der Ecliptik vom Nachtgleichenpunkte an, im Widder liegend zu nennen, ist geblieben, und die ganze Eintheilung der Ecliptik in ihre zwölf Zeichen geht vom Nachtgleichenpunkte so fort, wie es jener Lage des Nachtgleichenpunktes gemäß gewesen wäre. Dieses muß man wissen, um den Ort der Sonne auf der künstlichen Himmelskugel aufzufinden.

Unsere Kalender sagen uns, daß zum Beispiel am 1. Mai die Sonne 10 Grad in den Stier hineingerückt, oder 1 Zeichen und 10 Grade, das ist, 40 Grade vom Nachtgleichenpunkte entfernt ist, diesen Punkt, der im Sternbilde des Widders liegt, wollen wir uns auf der künstlichen Himmelskugel bemerken, und nun fragen, 1. in welchem Punkte des Horizontes geht die Sonne an diesem Tage auf und unter? 2. wie lange ist sie über unserm Horizonte? 3. wie hoch steigt sie 3 Stunden vor Mittag, und so zu jeder angenommenen Zeit? — Um die erste Frage zu beantworten, bringen wir den bezeichneten Standort der Sonne in den Horizont, auf welchem Norden bei Z, Osten bei R, wo der Aequator den Horizont schneidet, bezeichnet ist; unser bezeichneter Punkt geht ziemlich weit von Osten entfernt, nördlich vom Ostpunkte auf, und eben so viel nördlich vom Westpunkte unter, und zeigt uns genau, wo wir auf dem wirklichen Horizonte die Punkte des Aufgangs und Untergangs zu suchen haben. Die zweite Frage beantworten wir mit Hülfe der Stundenscheibe, die sich oben bei P befindet. Wir bringen den bezeichneten

Punkt unter den Meridianring HAP und stellen zugleich den Uhrzeiger auf 12 Uhr; wir bringen nun den Punkt durch Drehung der Kugel um ihre Axe zum Abendhorizont, und sehen, wie viele Stunden der Zeiger durchlaufen hat, so viele Stunden nach Mittage geht die Sonne unter, und doppelt so viele Stunden erhalten wir für die Länge des ganzen Tages. Die dritte Frage, wie hoch die Sonne am 1. Mai im Mittage steht, beantwortet man leicht, indem man den bezeichneten Punkt, wo die Sonne an jenem Tage steht, unter den Meridianring bringt, und an diesem vom Horizonte H herauf die Grade bis zu jenem Punkte hin zählt. Um aber zu einer andern Zeit die Höhe der Sonne kennen zu lernen, muß man die Stundenscheibe und den beweglichen Gradbogen zu Hülfe nehmen. Man bringt den bezeichneten Punkt unter den Meridian, und den Zeiger der Stundenscheibe auf 12 Uhr; man dreht dann die Kugel, bis der Stundenzeiger so viele Stunden fortgerückt ist, als die vorgeschriebene Zeit vom Mittage entfernt ist. Hier hält man die Kugel fest, schraubt den Gradbogen am höchsten Punkte C an, und legt ihn gegen den Ort, wo sich jetzt der bezeichnete Punkt befindet; man liest nun die Anzahl von Graden ab, die vom Horizonte an bis zu dem bezeichneten Punkte reichen, und hat so die in jenem Augenblick statt findende Höhe. Und nicht bloß die Höhe, sondern auch das Azimuth der Sonne für diese Zeit hat man auf diese Weise bestimmt. Zählt man nämlich auf dem Horizonte die Grade vom Südpunkte bis zu dem Punkte, wo der nach der vorigen Anleitung gelegte Gradbogen den Horizont erreicht, so ist das, was man so findet, das Azimuth, indem man darunter allemal den Abstand des Gestirns vom Südpunkte, oder den zwischen dem Verticalkreise des Gestirns und dem Meridian abgeschnittenen Bogen des Horizonts versteht. Diese Fragen kann man für jeden andern Ort auf der Erde beantworten, wenn man nur dem Pole diejenige Höhe über dem Horizonte giebt, die diesem Orte angemessen ist.

Da ich einmal Ihnen soviel über den Gebrauch der Himmelskugel gesagt habe, so wird es wohl am besten seyn,

sogleich noch eine Reihe anderer Fragen beizufügen, deren Beantwortung man auf ähnliche Weise erhält, und deren sich noch viel mehrere aufwerfen ließen, welche Sie leicht beantworten werden, wenn Sie die hier gegebene Anleitung richtig benutzen. Eine solche Frage ist die, zu welcher Zeit irgend ein Stern an einem gegebnen Tage aufgeht, oder untergeht? Ich will den Sirius als Beispiel nehmen und die Frage wieder auf den Tag beziehen, von dem ich vorhin redete, so daß der dort bezeichnete Punkt noch immer den Ort der Sonne am 1. Mai angiebt. Man bringt diesen bezeichneten Punkt unter den Meridianring, und stellt den Zeiger der Stundenscheibe auf 12 Uhr, dreht nun die Kugel bis der Sirius im östlichen Horizonte erscheint, und sieht, wie viele Stunden der Zeiger durchlaufen hat, so viele Stunden nach Mittage, wenn man die Kugel nach Westen zu gedreht hat, geht der Sirius auf.

Eine andere Frage ist, die Sterne kennen zu lernen, die an diesem Tage gerade aufgehen, indem die Sonne untergeht. Man bringt den bezeichneten Punkt in den westlichen Horizont und sieht nun nach, welche Sterne sich jetzt im östlichen Horizonte zeigen; dieß sind diejenigen, die man bald nach der Dämmerung am östlichen Himmel gewahr wird, und die also ihren Lauf am Himmel während der Nacht sichtbar fortsetzen. Diejenigen, welche untergehen, indem die Sonne untergeht, lernt man eben so kennen, und die ähnlichen Fragen für den Sonnenaufgang wird man nun leicht beantworten.

Noch eine Frage, die man in der Nacht zuweilen zu beantworten wünscht, ist die, welche Zeit es ist, wenn zwei bekannte Sterne gerade über einander stehen. Will man dieß nach unserer gewöhnlichen Zeitbestimmung, wo es um Mittag 12 Uhr ist, für eben jenen Tag bestimmen, so muß man wieder den bezeichneten Punkt unter den Meridianring und den Zeiger auf 12 Uhr stellen; man dreht dann die Kugel nach Westen fort, bis jene zwei Sterne an der Himmelskugel gerade über einander stehen, oder von dem in C angeschraubten Gradbogen zugleich getroffen werden; hat man diese Stellung der Kugel erreicht, so giebt der Stundenzeiger an,

hält Capocci nicht für ganz genügend, sondern er glaubt eher, die Materie, die wir als grauen Rand der Flecken sehen, sei von fester Beschaffenheit, indem sie oft so scharfeckig abgeschnitten erscheine, *) und die Vereinigung mehrerer kleiner Flecken sich ganz so, wie ein Einstürzen einer festen Kruste, zeige. Diese harte und trockne Kruste scheine zahlreiche Spalten zu haben, ausgefüllt mit einer leuchtenden elastischen Flüssigkeit, und diese Spalten haben meistens eine Richtung gegen den Mittelpunkt der Oeffnung zu, deren Rand die graue Fläche ausmacht. Diese regelmäßige strahlenartige Anordnung wird aber nach Capocci's Beobachtung oft durch höher liegende helle Streifen unterbrochen, die vom äußern Rande her sich auf der grauen Fläche mannigfaltig verzweigen, sich oft bis über die ganze Oeffnung weg erstrecken, und manchmal den leuchtenden Duft herzugeben scheinen, welcher die Oeffnungen nach und nach verschließt. Dabei scheine es, als ob jene harte leuchtende Materie sich in eine Art von Dunst verwandle, und dieser erschien bei einem großen Fleck im März 1826 als violettlich, und so als ob er von dem hellen Streifen, der hellen Brücke, die den Fleck in zwei Theile zerlegte, ausginge.

Die Beantwortung der Frage, ob gewisse Gegenden der Sonne geeigneter sind, als andre, uns Sonnenflecke zu zeigen, scheint durch Capocci's Beobachtungen etwas näher herbei geführt zu seyn. Man wußte zwar auch früher schon, daß die Sonnenflecke nur um den Sonnen-Aequator, nie in der Nähe der Pole erscheinen; aber Capocci giebt einige nähere Bestimmungen an. Jener eben erwähnte Fleck lag 14 Grade nördlich vom Sonnen-Aequator, wo auch Herschel im Jahre 1779 einen großen Sonnenfleck beobachtete, und eine Vergleichung vieler Beobachtungen gab Capocci die Ueberzeugung, daß man zwischen 0 Grad und 10 Grad nördlicher Breite auf der Sonne, selten Flecke gesehen hat,

*) Bei diesen scharfen Ecken muß man jedoch bedenken, daß jedes Hundertel einer Secunde eine ganze Meile beträgt, also selbst recht erhebliche Abrundungen unsrer Beobachtung entgehen können.

wo die Sonne gar nicht die Tiefe von 18 Graden unter dem Horizonte erreicht; zu dieser Zeit dauert die Dämmerung die ganze Nacht, oder es sind dann helle Nächte, in welchen die Dunkelheit nie ihren höchsten Grad erreicht.

* *

So ungemein mannichfaltig sind die Belehrungen, die wir uns an der künstlichen Himmelskugel verschaffen können. Ich will Sie mit noch mehr ähnlichen Anleitungen nicht aufhalten, sondern nur noch einige Worte erklären, die in der Folge gebraucht werden.

Die eben vorhin erwähnte Bestimmung der Lage eines Sternes durch Höhe und Azimuth giebt mir Veranlassung, auch die übrigen zwei Arten von Angaben, wodurch man die Lage der Sterne bestimmt, anzuführen. Der Ort auf der Kugel ist offenbar dann völlig bestimmt, wenn der Abstand von einem bekannten Kreise, und der Punkt, wo die senkrechte Abstandslinie den bekannten Kreis trifft, gegeben sind. Bei der Bestimmung durch Azimuth und Höhe ist der Horizont der bekannte Kreis, der Mittagspunkt oder Südpunkt der Anfang, von welchem auf dem Horizonte gezählt wird, die Höhe der senkrechte Abstand des Gestirns von diesem Kreise, das Azimuth die Entfernung jener senkrechten Abstandslinie vom Südpunkte. Der Abstand vom Zenith, oder die Zenithdistanz macht mit der Höhe zusammen 90 Grade. Wenn man Azimuth und Höhe durch Beobachtung finden will, so muß man sich eines Instrumentes bedienen, dessen wesentliche Einrichtung in Fig 13. gezeigt ist, wo das Fernrohr AE an dem Quadranten AFE so fortgeschoben werden kann, daß es immer durch den Mittelpunkt A geht, und wo der Quadrant mit dem Fernrohre sich um die verticale Säule AB dreht. Man wendet diese beiden Drehungen an, um das Fernrohr auf den zu beobachtenden Stern zu richten, liest dann an FE die Höhe über dem Horizonte, und auf dem Kreise BCD das Azimuth ab, vermittelst eines Lineals BC, das sich mit dem Quadranten um B dreht. Der Kreis

BCD muß genau horizontal und sein Nullpunkt nach Süden gestellt seyn; der Quadrant muß in jeder seiner Stellungen eine verticale Ebne bilden, und AF horizontal seyn.

Eine zweite Art, die Lage eines Sternes oder der Sonne zu bestimmen, giebt die Beziehung auf den Aequator. Sie kennen die Durchschnittspunkte des Aequators und der Ecliptik; einer von diesen, namentlich der Frühlings-Nachtgleichenpunkt, welchen die Sonne am 21. März erreicht, ist der Anfangspunkt der Grade auf dem Aequator und zwar zählt man von ihm, wenn er im Süden steht nach Osten, oder allemal nach der linken Seite fort. Von dem zu bestimmenden Sterne zieht man einen auf den Aequator senkrechten Bogen und nennt den Abstand vom Aequator die Declination oder Abweichung des Sterns; den Bogen dagegen, der zwischen jenem Anfangspunkte und dem senkrechten Abstandsbogen enthalten ist, nennt man, nach der Seite gezählt, wie ich eben angab, die gerade Aufsteigung oder Rectascension des Sterns. Wenn man ein Instrument, einigermaßen dem in Fig. 13. gezeichneten ähnlich, so aufstellt, daß die Axe AB mit der Weltaxe parallel, oder BA genau gegen den Nordpol gerichtet ist, so liegt der Kreis BDC so, daß jeder seiner Punkte nach Punkten im Aequator des Himmels hin sieht, der Quadrant bildet einen Declinationskreis und man kann auf FE die Declination, auf dem Bogen CD die gerade Aufsteigung ablesen. Die letztere erhält man indeß nicht unmittelbar, sondern wenn D genau nach Süden gerichtet ist, so giebt DC den Unterschied der Rectascension des Gestirns und des Meridians oder der Mitte des Himmels an, und diese letztere muß man aus der Zeit, die seit dem Durchgange des Nachtgleichenpunkts durch den Meridian verflossen ist, kennen, um die gerade Aufsteigung zu erhalten. Das Instrument heißt ein Aequatoral-Instrument, und hat den Vortheil, daß man den einmal in der Mitte des Fernrohrs sich befindenden Stern leicht verfolgt, indem man bloß den Quadranten mit dem daran befestigten Fernrohre, um die Axe fortführt, und so die Umdrehung der Himmelskugel nachahmt.

men, und daß eben so aus der Messung von ab die Dicke der oberen Wolkenschichte gefunden werden könnte, ist einleuchtend; aber ob diese Gegenstände sich deutlich genug zeigen, um sie mit entschiedener Sicherheit als das, was sie nach Angabe der Zeichnung seyn sollen, zu erkennen, daran darf man wohl zweifeln. Ich führe daher auch Herschels Meinung, daß die glänzenden Wolken nicht viel unter 400 Meilen, und nicht viel über 600 Meilen von der dunkeln Oberfläche der Sonne entfernt seyn können, nur als eine weiter zu prüfende Behauptung an.

Hiemit könnte ich die Erzählung von dem, was wir über die Oberfläche der Sonne wissen, schließen, wenn ich nicht noch Einiges von andern Meinungen über diesen Gegenstand, und von Vermuthungen über den Zusammenhang der Veränderungen in der Sonnen-Atmosphäre mit den Veränderungen in der Erd-Atmosphäre Ihnen mittheilen müßte.

Unter den neueren Beobachtern der Sonne verdienen doch auch Schröter und von Hahn genannt zu werden, und diese sind geneigt, grade die Licht-Adern und die einzelnen helleren Lichtpunkte als Theile der festen Sonnen-Oberfläche zu betrachten, und manche der dunkeln Flecke als beschattete Gegenden der Sonnen-Oberfläche, also vielleicht als tiefe Abgründe anzusehen. Unter andern beobachtete Schröter einen sehr großen Sonnenfleck, der mit seinem umgebenden Rande den Cratern und Ringgebirgen des Mondes sehr ähnlich schien, und von Hahn sprach sogar die Behauptung aus, daß die Oberfläche der Sonne der des Mondes ungemein ähnlich sei. Spätere Beobachter, namentlich Capocci, Gruithuisen, und Pastorff, sind der Ansicht Herschels geneigter; und es scheint mir, daß wenigstens die Hauptsache, daß die Sonnenflecke und Sonnenfackeln nur atmosphärische Erscheinungen sind, wohl allen Beifall verdient.

Da die Sonne ganz unstreitig die Erleuchtung und Erwärmung der Erde bewirkt, so ist die Frage natürlich, ob denn beim Erscheinen vieler Flecken irgend eine veränderte Einwirkung auf die Erde merklich sei. Herschel glaubte eine Andeutung zu finden, daß die fruchtbareren Jahre die wären,

welche sich durch viele Sonnenflecke ausgezeichnet hatten, und Gruithuisen hat sich ganz entschieden für diese Meinung erklärt. Ein sehr sprechendes Beispiel vom Zusammentreffen vieler Sonnenflecke mit ungewöhnlich heißer Witterung findet Gruithuisen im Sommer 1825, wo in der Mitte des Juli große Sonnenflecke erschienen, wo die Hitze nicht bloß in Europa groß war, sondern auch am Cap (wie Gruithuisen anführt,) die Saaten verdorrten und die Flüsse fast austrockneten, und in Amerika durch große Hitze die ausgebreiteten und furchtbaren Waldbrände unterhalten wurden, welche die dortigen Wälder verheerten. Als einzelnes Beispiel ähnlicher Art könnte ich auch die im Mai und Juni 1819, gleichfalls bei großer Hitze, von mir beobachteten zahlreichen und sehr oft neu entstehenden und sich verändernden Sonnenflecke anführen; aber ich weiß doch nicht, ob wir schon genug Beobachtungen besitzen, um diese Uebereinstimmung für sicher zu halten. Aufmerksamkeit verdient indeß diese auch von Capocci und von Biela mit eignen Beobachtungen unterstützte Behauptung, da wir den Zusammenhang, in welchem unsre Witterung vielleicht mit den Revolutionen in der Sonnen-Atmosphäre stehen mag, nicht wissen können, und Gruithuisen durch vieljährige Beobachtungen sich belehrt zu haben glaubt, daß vorzüglich die neu entstandenen, großen, oft sich umwandelnden Sonnenflecke sich wirksam zeigen, so daß im Winter bei großer Kälte das Entstehen eines bedeutenden Sonnenflecks Thauwetter anzeige. —

Die Bemühungen, Regeln für die Bestimmung der Witterung zu finden, würden hiedurch aber nur noch weniger Erfolg versprechen, wenn veränderliche, nicht terrestrische Ursachen so bedeutend einwirken sollten.

Zwei und dreißigste Vorlesung.

Die Beobachtung der Sonne bietet noch eine Sonderbarkeit dar, die sich nicht erklären läßt, und über deren genaue Richtigkeit man wohl einige Zweifel hegen darf. Die Beobachtungen des Sonnen-Durchmessers haben, wenn man sie auf die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zurückführt, Ungleichheiten gezeigt, die man, bei dem Mittel aus vielen Beobachtungen, nicht als Fehler der Beobachtungen glaubte ansehen zu dürfen. In den Jahren 1750 bis 1774 fand man den Horizontaldurchmesser 32′. 2″; in den Jahren 1775 bis 1782 gab man ihn zwischen 32′. 2″ und 32′. 0″; in den Jahren 1782 bis 1786 zwischen 32′. 0″ und 31′. 59″ an, so daß es schien, als nehme der Durchmesser der Sonne ab. Dagegen fand man in den Jahren 1804 bis 1809 den Horizontaldurchmesser 36′. 6″; eine Reihe von Bessel angestellter, von mir reducirter Beobachtungen in den Jahren 1816 bis 1818 geben 32′. $5\frac{2}{3}$″. Wenn diese Beobachtungen alle vollkommen zuverlässig sind, so müßte der Durchmesser zu gewissen Zeiten 700 Meilen mehr, als zu anderer Zeit betragen, und das würde uns, da dieser Wechsel doch nur in der Wolkenschichte der Sonne statt finden könnte, zu der Bestimmung, daß die glänzenden Wolken eine wenigstens 350 Meilen dicke Schichte bilden müßten, Veranlassung geben. Eine elliptische Gestalt der Sonne, wie sie aus der Rotation folgen sollte, nimmt man nicht auf eine deutliche Weise wahr, vielmehr haben genaue Beobachtungen über den scheinbaren horizontalen und verticalen Durchmesser der Sonne zu der Behauptung Veranlassung gegeben, daß der mit der Axe übereinstimmende Durchmesser der größere sei, und etwa $\frac{1}{200}$ mehr als der Durchmesser des Aequators betrage. Wenn fernere Beobachtungen dieß bestätigen sollten, so würde eine solche Gestalt der Sonne, die sich aus der Rotation nicht erklären läßt, auf irgend eine

in der natürlichen Beschaffenheit der Sonne liegende Ursache, die Licht-Atmosphäre gegen die Pole hin auszudehnen, hindeuten. Daß es solche Ursachen geben könne, läßt sich einsehen; denn gesetzt auf unsrer Erde fände grade an den Polen mehr Erhitzung statt, als unter dem Aequator, so würde aus diesem Grunde die Atmosphäre an den Polen höher und ausgedehnter seyn müssen, und eben so könnte ja aus irgend einem Grunde etwas Aehnliches auf der Sonne statt finden.

Diese dürftigen Nachrichten über den Körper der Sonne und ihre Atmosphäre, enthalten alles, was wir bis jetzt wissen, und die Hoffnung, unsre Kenntnisse erheblich erweitert zu sehen, ist nicht recht groß, da wir zwar die Rotationszeit der Sonne, und die Lage ihrer Axe wohl genauer kennen lernen können, aber die Beschaffenheit der Flecken und Fackeln immer schwer zu erforschen seyn wird.

Außer jener Licht-Atmosphäre, womit ich Sie bisher unterhalten habe, zeigt sich noch eine schwach leuchtende Erscheinung um die Sonne, die man als eine viel ausgedehntere Atmosphäre angesehen hat. Wenn Sie in den letzten Wintermonaten um die Zeit, wo die Dämmerung Abends schon größtentheils vorbei ist, den westlichen Himmel genau ansehen, so bemerken Sie bei völlig heiterm Himmel leicht einen blassen Schimmer, der ungefähr der Milchstraße gleicht, und sich hoch am Himmel hinauf von der Gegend des westlichen Horizonts, wo sich ungefähr dann die Sonne befindet, gegen das Siebengestirn zu erstreckt. Diesen Schimmer, welcher in der Richtung der Ecliptik sich zeigt, und den man daher das Zodiacallicht, weil es im Thierkreise, Zodiacus, liegt, genannt hat, muß man allerdings als mit der Sonne verbunden ansehn, wenn man auch zweifelhaft bleibt, ob man ihn eine Atmosphäre der Sonne nennen soll. Dieser Schimmer nämlich, welcher sich als ein nicht sehr breiter Streifen, zuweilen bis zu 90 Graden Entfernung von der Sonne wahrnehmen läßt, begleitet diese, und ist im Februar und März am besten zu sehen, weil die Ecliptik dann mit dem westlichen Horizonte einen großen Winkel macht, und daher die Dünste am Horizonte uns minder hindern, diese nicht sehr lebhafte Licht-Er-

seines erleuchteten Theiles ähnliche Regeln befolgt, und daß der Neumond dann wieder eintreten muß, wenn der Mond abermals zur Sonne gelangt.

Ich habe hier zwar diese Erscheinungen so beschrieben, als ob während einer ganzen Mondsperiode die Sonne nach der Richtung AB hin, unverrückt stehen bliebe; aber obgleich auch die Sonne unter den Sternen fortrückt, und deshalb ungefähr nach H gelangt, wenn der Mond nach F kommt, und nach b gelangt, während der Mond nach C zurückkehrt, so bringt dieses in den Erscheinungen doch nur so fern eine Aenderung hervor, daß der Mond noch nicht bei seiner Stellung in F, sondern erst wenn er f erreicht, ganz als voll erleuchtet erscheint, und daß der folgende Neumond noch nicht eintritt, wenn der Mond in C, sondern wenn er in c′ ist. Die Zeit zwischen zwei gleichen Mondphasen ist daher etwas größer, als die Zeit, in welcher der Mond zu denselben Sternen zurückkehrt; denn wenn der Mond bei seiner Stellung in f voll war, während die Sonne sich in der Richtung AH befand, so wird er bei dem folgenden Umlaufe erst voll, wenn er nach g kommt, also wenn er schon weit bei den Sternen vorbei ist, bei welchen er sich im letzten Vollmonde befand. Dieß zeigt auch die Beobachtung. Sahen wir im vorigen Monat den Vollmond im Sternbilde des Scorpions, so steht der Mond in diesem jetzigen Monate im Schützen, wenn er voll ist, u. s. w.

Bei einer genauern Beobachtung des Fortrückens des Mondes unter den Sternen, findet man, daß er in $27\frac{1}{3}$ Tagen zu demselben Sterne wieder gelangt, oder einen ganzen Umlauf um den Himmel gemacht hat; da nun die Sonne ihren ganzen Umlauf in $365\frac{1}{4}$ Tagen vollendet, also in jenen 27 Tagen ungefähr 27 Grade durchläuft, welche zu durchlaufen der Mond noch etwa 2 Tage braucht, so ist die Zeit von einem Neumonde bis zum andern, oder von einem Vollmonde bis zum andern um 2 Tage länger, ziemlich nahe $29\frac{1}{2}$ Tage, und soviel Zeit verfließt immer zwischen zwei gleichen Erscheinungen des Mondes.

* *

müßte ein in so großer Entfernung in 26 Tagen um die Sonne herumgeführtes Theilchen, eine so große Schwungkraft haben, daß es gar nicht in dieser Entfernung bleiben könnte; da nun sogar die Materie des Zodiacallichts sich bis an die Erdbahn erstreckt, so können seine Theilchen gewiß nicht die rotirende Oberfläche der Sonne so wie eine Atmosphäre begleiten, und sobald dieß nicht der Fall ist, sobald die Theilchen des Zodiacallichts eine andre, gewiß viel geringere Umlaufs-Geschwindigkeit haben, so fällt auch der Grund, warum diese Materie gerade ein Sphäroid bilden soll, weg, und wir müßten diese Gestalt aus Beobachtungen, so genau sich diese anstellen lassen, erst kennen lernen.

Die Behauptung Cassini's, daß das Zodiacallicht an Glanz abnehme, wenn die Sonne wenige Flecke hat, ist von Capocci wieder in Erinnerung gebracht, als im Februar und März 1826 viele Sonnenflecke zu sehen waren, und das Zodiacallicht sehr schön erschien, doch ist es bei der sehr ungleichen Heiterkeit der Luft nicht leicht, die Lebhaftigkeit des Lichtes bei einem so schwach leuchtenden Gegenstande richtig abzuschätzen. Die Vermuthung, daß mit dieser Sonnen-Atmosphäre die Nordlichter in Verbindung stehen, ist durch die ungemeine Seltenheit der Nordlichter zu einer Zeit, wo die Sonnen-Atmosphäre sich nicht geändert zu haben scheint, wohl als widerlegt anzusehen. Die Fragen, ob diese Materie, die vermuthlich in eben der Richtung wie die Planeten um die Sonne läuft, den nach andern Richtungen gehenden Cometen keinen Widerstand entgegen setze; — warum die Planeten nicht durch ihre anziehende Kraft diese Materie zu sich heranziehen und mit ihrer Masse vereinigen, da die Schwungkraft der einzelnen Theilchen, welche der Attraction der Sonne das Gleichgewicht hält, die Anziehung der Planeten nicht aufheben kann; — und ähnliche Fragen, lassen sich bis jetzt noch gar nicht beantworten.

* * *

Da ich jetzt, m. h. H., im Begriff bin, zu der Darstellung dessen überzugehen, was wir von den Planeten wissen, so will ich heute einige allgemeine Betrachtungen anstellen, welche sich hierbei darbieten.

Eine der merkwürdigsten Uebereinstimmungen in unserm Planetensystem finden wir in der gleichen Richtung, nach welcher alle Planeten ihre Umläufe um die Sonne, die Monde ihre Umläufe um die Hauptplaneten, und alle Planeten ihre Rotationen um die Axe, vollenden. Die Ebnen der Planetenbahnen sind wenig gegen einander und wenig gegen den Sonnen-Aequator geneigt; die Axen der Planeten sind zwar nicht gegen diese Ebnen senkrecht, aber machen doch, wenn wir den Uranus ausnehmen, große Winkel von 65, 70, 80 Grade mit jenen nicht weit auseinander liegenden Ebnen, und auch die Bahnen der Monde sind, wenn man die Monde des Uranus ausnimmt, nicht stark gegen jene Ebnen geneigt.

Welche Kraft diese Uebereinstimmung in allen Bewegungen bewirkt habe, wissen wir nicht; wir sehen auch nicht ein, warum bei den der Sonne nähern Planeten die Lage des Aequators mehr mit den Ebnen der Bahnen übereinstimmt, statt daß der Aequator des Uranus fast senkrecht gegen die Bahn zu seyn scheint; wir sehen kein Gesetz, nach welchem die größere Neigung oder Ellipticität der einen oder andern Planetenbahn erklärt werden könnte, und so ferner; aber dennoch verräth sich in jener Uebereinstimmung, welcher entgegen kein Planet und Mond sich bewegt, eine Kraft, die allgemein wirksam gewesen seyn muß.

Laplace bemerkt, da eilf Planeten und achtzehn Monde, in Rücksicht der Bewegung in der Bahn, sechs Planeten nebst der Sonne, sechs Monde und dem Ringe des Saturn in Rücksicht auf die Richtung der Rotation als rechtläufig, jener allgemeinen Richtung, wenn auch unter einer mehr oder minder starken Neigung, folgend, bekannt sind, so könne man nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung 4 Billionen gegen eines wetten, daß dieß die Wirkung einer allgemein wirkenden Naturkraft sei. Da ähnliche Schlüsse aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung uns öfter vorkommen, so werden Sie wohl nicht

unangemessen finden, daß ich einige Augenblicke bei dieser Behauptung verweile. Es sind drei und vierzig Bewegungen im Planetensystem, die als rechtläufig bekannt sind. Denkt man sich eine dieser Bewegungen, zum Beispiel die Rotation der Sonne und läßt nun eine zweite hinzukommen, so kann diese, ganz dem Zufalle überlassen, mit jener übereinstimmend seyn oder nicht, die Wahrscheinlichkeit für beide Fälle ist gleich groß, und also die Wahrscheinlichkeit der Uebereinstimmung durch ein halb ausgedrückt, das heißt zwei Fälle sind gleich wahrscheinlich. Wir wollen beide Fälle als eingetreten ansehn, daß nämlich in dem einen Systeme beide Bewegungen übereinstimmend, in dem andern Systeme entgegengesetzt sind, und nun einen dritten Körper in jedem Systeme hinzufügen, so kann dieser abermals so gut dem ersten Körper übereinstimmend, als dem ersten entgegengesetzt laufen, und da dieß für beide Systeme gilt, so sind vier Fälle möglich, so daß der eine bestimmte Fall, wo alle Körper nach einer Richtung laufen, nur ein Viertel der Wahrscheinlichkeit für sich hat. Fügen wir einen vierten Körper hinzu, so kann der in jedem der vier Systeme, die wir uns nun denken, eine doppelte Richtung erhalten, und so entstehen acht Fälle, die alle gleich möglich sind, so daß vier rechtläufige Bewegungen nur ein Achtel der Wahrscheinlichkeit für sich haben. Daß fünf durch Zufall hervorgezogene Bewegungen alle rechtläufig wären, hat nur ein Sechzehntel Wahrscheinlichkeit für sich; bei sechs Bewegungen ist die Wahrscheinlichkeit nur $\frac{1}{32}$, bei sieben nur $\frac{1}{64}$, bei acht nur $\frac{1}{128}$, bei neun nur $\frac{1}{256}$, bei zehn nur $\frac{1}{512}$, bei eilf nur $\frac{1}{1024}$ oder nicht einmal $\frac{1}{1000}$. Da wir nun eben so bei zwölf nicht einmal $\frac{1}{2000}$, bei dreizehn nicht einmal $\frac{1}{4000}$ und so ferner finden, so erhalten wir bei ein und zwanzig nicht einmal ein Milliontel, bei ein und vierzig nicht einmal ein Billiontel, bei zwei und vierzig kein halbes Billiontel, bei drei und vierzig kein Viertel eines Billiontels. Wir hätten nämlich, wenn wir alle die verschiedenen Systeme, so wie sie aus drei, vier, fünf Bewegungen hervorgingen, behielten, und so bis zu drei und vierzig Bewegungen fortgingen, weit über 4 Billionen Systeme erhalten, unter denen

gang sichtbar, wenn gleich der Neumond erst vor $1\frac{1}{2}$ oder 2 Tagen statt gefunden hat, statt daß in den Herbstmonaten, wo er nach dem Neumonde zu immer in niedrigere Stellungen fortrückt, sein Verweilen über dem Horizonte so abnimmt, daß er erst mehrere Tage nach dem Neumonde bequem, und geraume Zeit nach Sonnenuntergang gesehen werden kann. Auf eben dieser, täglich höheren Stellung beruht es auch, daß wir im Frühling, kurz nach dem Neumonde, seinen erleuchteten Theil so sehen, daß er fast genau seine convexe Seite gegen die Erde wendet. Er steht nämlich beinahe in eben dem Verticalkreise, in welchem sich die untergegangene Sonne befindet, und seine, der Sonne genau zugewandte Seite, hat daher eine horizontale Lage.

Hiemit nahe verwandt ist der, selbst dem gemeinen Manne bekannte Umstand, daß der Vollmond im Herbste mehrere Abende fast zu derselben Zeit aufgeht. Wenn es im September oder October Vollmond ist, so steht der Mond in der Gegend der Ecliptik, wo er, zu höheren Stellungen fortrückend, täglich einen größern Bogen beschreibt, und länger über dem Horizonte verweilt. Obgleich er nun täglich ungefähr $\frac{3}{4}$ Stunden später den Meridian erreicht, so nimmt doch zugleich die Zeit seines Verweilens über dem Horizonte so sehr zu, daß sein Aufgang durch den letztern Umstand fast eben so viel verfrühet, als durch den erstern verspätet wird, und der Herbstvollmond geht mehrere Abende gleich nach Sonnenuntergang auf, statt daß der Frühlingsvollmond beinahe täglich $1\frac{1}{2}$ Stunde später aufgeht, als am vorigen Tage.

Diese Erscheinungen alle lassen sich vollkommen aus der gegenseitigen Stellung des Mondes gegen die Sonne erklären; aber eine Erscheinung, auf die ich jetzt kommen will, scheint schwieriger zu seyn. Der Mond erscheint uns größer beim Aufgange und Untergange, als wenn er hoch am Himmel steht, eben das bemerken wir auch an der Sonne, und selbst die Entfernung zweier Sterne von einander kommt uns größer vor, wenn sie am Horizont stehen, als wenn sie hoch stehen. Dieser Anschein wird desto räthselhafter, wenn man weiß, daß man bei der Messung der scheinbaren Größe des Mon-

des oder des scheinbaren Abstandes zweier Sterne von einander, vermittelst der dazu dienenden Instrumente, den Unterschied gar nicht findet, den unser bloßes Auge uns zu zeigen scheint. Der Mond ist, wenn er in unserm Zenith steht, uns um einen Erdhalbmesser näher, als im Horizonte, und muß daher im Horizonte einen etwas geringern scheinbaren Durchmesser haben, wie es der größern Entfernung gemäß ist; die Messung zeigt wirklich diese Aenderung des Durchmessers, aber diese ist gerade das Entgegengesetzte von dem, was unsre Beobachtung mit bloßem Auge anzugeben schien.

Um also die Täuschung, die sich uns hier zeigt, gründlich zu untersuchen, müssen wir andre Erfahrungen zu Hülfe nehmen. Die uns am öftersten vorkommende ist die, daß wir es gar nicht bemerken, wie viel kleiner uns ein Gegenstand erscheint, der sich 20 oder 30 Fuß vom Auge entfernt. Es tritt ein Mann in die 12 Fuß von mir entfernte Thüre meines Zimmers. Wenn ich sein Gesicht abmäße, so würde ich es nur ein Sechstel so groß finden, als wenn er sich mir bis auf 2 Fuß genähert hat; aber obgleich dieß geometrisch gewiß und ganz bestimmt richtig ist, so fällt mir, indem ich des Mannes Gesicht ansehe, dieser Unterschied gar nicht ein, ja jeder würde wohl geneigt seyn zu behaupten, des Mannes Gesicht erscheine ihm eben so groß, als ob er einige Schritte näher träte. Diese Bemerkung zeigt deutlich, daß wir die Größe des Gegenstandes nicht allein nach dem Sehewinkel beurtheilen, sondern selbst in 100 Fuß Entfernung uns einen dort stehenden Mann in seiner vollen Größe vorstellen, obgleich er uns in der That kleiner erscheint, als ein nahe bei uns stehendes Kind. Unser Urtheil ist hier durch lange Erfahrung so bestimmt geworden, daß wir, ohne daran zu denken, die Entfernung mit in Vergleichung ziehen, und uns eine menschliche Gestalt in einer ungefähr bekannten Entfernung in der Größe vorstellen, welche sie wirklich hat. Kinder, die erst anfangen auf entferntere Gegenstände zu achten, vorzüglich, wenn sie in der Stadt wenig Gelegenheit haben, in eine irgend erhebliche Entfernung hin zu sehen, urtheilen wirklich nach jenem, dem Sehewinkel gemäßen Eindrucke, und

Die Abstände der einzelnen Planeten von der Sonne sind durch kein bekanntes Gesetz bestimmt, indeß ist das auffallend, daß die Abstände der Bahnen von einander mit dem Abstande von der Sonne zunehmen. Ein ungefähr zutreffendes Maaß der Entfernungen, wofür aber kein weiterer Grund angegeben werden kann, und das auch nicht strenge zutrifft, ist, daß der Abstand der Erdbahn von der Mercursbahn doppelt so groß als der Abstand der Venusbahn von der Mercursbahn ist, und daß eben so die Marsbahn viermal so weit, die Ceresbahn achtmal so weit, die Jupitersbahn 16 mal so weit, die Saturnsbahn 32 mal so weit, die Uranusbahn 64 mal so weit von der Mercursbahn entfernt ist, als die Venusbahn von der Mercursbahn. Die Entfernung des Mercurius von der Sonne ist ungefähr 8 Millionen Meilen, die der Venus 14 Millionen, also jener Abstand 6 Millionen; hiernach wären die Abstände von der Sonne

für die Erde zweimal 6 und 8 Millionen, = 20 Millionen,
für den Mars viermal 6 und 8 Millionen, = 32 Millionen,
für die Ceres und die drei übrigen eben so entfernten Planeten achtmal 6 und 8 Millionen, = 56 Millionen,
für den Jupiter 16 mal 6 und 8 Millionen, = 104 Millionen,
für den Saturn 32 mal 6 und 8 Millionen, = 200 Millionen,
für den Uranus 64 mal 6 und 8 Millionen, = 392 Millionen,
ziemlich den wahren Abständen entsprechend.

Wie man die Größe der Planeten und ihre Massen findet, habe ich schon sonst erklärt; ich setze hier nur ein Täfelchen her, worin die Zahlen-Angaben für Größe und Masse stehn, so wie Laplace sie glaubt annehmen zu müssen.

	Körperliche Größe in Vergleichung gegen die Größe der Erde.	Masse in Vergleichung gegen die Masse der Erde.	Masse in Vergleichung gegen die Masse der Sonne.
Sonne.	1394000mal	334936mal	
Mercurius.	$\frac{1}{18}$mal	unge	wiß.
Venus.	$\frac{7}{8}$mal	$\frac{14}{17}$mal	$\frac{1}{405870}$mal
Erde.	1	1	$\frac{1}{334936}$mal
Mars.	$\frac{1}{7}$mal	$\frac{7}{64}$mal	$\frac{1}{3062450}$mal
Jupiter.	1280mal	313mal	$\frac{1}{1070}$mal
Saturnus.	990mal	95mal	$\frac{1}{3512}$mal
Uranus.	76mal	$18\frac{2}{3}$mal	$\frac{1}{17918}$mal
	so groß als die Erde.	so groß als die Masse der Erde.	so groß als die Masse der Sonne.

Hieraus geht zugleich die Bestimmung der Dichtigkeit hervor; denn da wir zum Beispiel bei der Sonne die Menge der in ihr enthaltenen Masse nur 335000 mal so groß als die Masse der Erde finden, obgleich sie einen 1394000 mal so großen Raum einnimmt, so ist dieser Raum nicht mit einem Viertel der Masse ausgefüllt, die er enthielte, wenn die Sonne die Dichtigkeit der Erde besäße. Hiernach setzen wir in Vergleichung gegen die Dichtigkeit der Erde, die Dichtigkeit

der Sonne $= \frac{3}{13}$;
der Venus $= \frac{17}{16}$;
des Mars $= \frac{9}{7}$;
des Jupiter $= \frac{1}{4}$;
des Saturnus $= \frac{1}{10}$;
des Uranus $= \frac{1}{4}$.

Die Dichtigkeit der Erde ist etwa $4\frac{1}{2}$ mal so groß, als die des Wassers, oder etwa doppelt so groß als die Dichtigkeit des Granits, oder über halb so groß als die Dichtigkeit des Eisens, wie man aus Untersuchung der anziehenden

Kraft der Berge geschlossen hat; darnach würde also die Dichtigkeit der Sonne und des Jupiter etwas größer als die Dichtigkeit des Wassers, die Dichtigkeit des Uranus etwas kleiner als die Dichtigkeit des Wassers seyn, die Dichtigkeit des Saturn aber kaum so groß als die der leichtesten Holzarten. Es ist bemerkenswerth, daß die Dichtigkeit der von der Sonne entferntern Planeten so geringe ist, da hingegen Venus eine größere Dichtigkeit als die Erde zu besitzen scheint. Ueber die Dichtigkeit der Sonne bleiben wir so fern in Ungewißheit, als der Körper, den wir abmessen, vermuthlich nicht der eigentliche feste Körper der Sonne ist; wäre die leuchtende Atmosphäre, welche den Sonnenkörper umgiebt, sehr groß, so könnte in jener für unser Auge undurchdringlichen Umhüllung wohl ein sehr viel kleinerer dichterer Kern verborgen seyn.

Die Masse des Mondes ist $\frac{1}{75}$ der Erdmasse und seine Dichtigkeit etwa $\frac{2}{3}$ mal so groß als die Dichtigkeit der Erde.

Die Gestalt der Planeten ist die kugelförmige; aber diejenigen, welche sich schnell um ihre Axe drehn, sind etwas abgeplattet. Jupiter ist so sehr sphäroidisch, daß man diese Abweichung seiner Figur von der Kugel schon ohne Messung, wenn man ihn durchs Fernrohr beobachtet, erkennt, indem sein Aequatoreal-Durchmesser um ein ganzes Dreizehntel mehr als die Länge seiner Axe beträgt, statt daß bei der Erde der Unterschied beider nur ungefähr $\frac{1}{300}$ ist. Bei dem Mercurius und der Venus bemerkt man keine Abplattung, und da sie eine langsame Umdrehung haben, so ist auch nicht zu erwarten, daß diese mehr als die Abplattung der Erde betragen kann, welche in so großer Entfernung schwer auszumessen seyn möchte. Ueber die Beobachtungen, die man zu Bestimmung der Figur des Mars und Saturn angestellt hat, werde ich Sie künftig unterhalten; daß Uranus bedeutend abgeplattet sey, hat Herschel beobachtet, und daraus auf eine schnelle Rotation geschlossen. Die Bestimmung der Rotation der übrigen Planeten ist aus Beobachtung von Flecken hervorgegangen, die man so wie die Sonnenflecke, mehr oder minder regelmäßig wie-

derkehren sah, und darnach hat man folgende Umdrehungszeiten bestimmt:

für den Mercurius	24 Stunden	1 Minute,
für die Venus	23 Stunden	21 Minuten,
für die Erde	23 Stunden	56 Minuten,
für den Mars	24 Stunden	39 Minuten,
für den Jupiter	9 Stunden	56 Minuten,
für den Saturnus	10 Stunden	16 Minuten,

und diese Zeiten sind in mittlerer Sonnenzeit angegeben. Daß diese Rotationen alle nach der Ordnung der Zeichen gehen, habe ich schon erwähnt.

Zu diesen allgemeinen Bemerkungen füge ich noch eine Untersuchung hinzu, nämlich die über den Glanz, in welchem die Planeten sich uns zeigen, und über den Grad der Erleuchtung, den sie, nach Maaßgabe ihrer Entfernung von der Sonne, von dieser erhalten.

Die Erleuchtung wird, wie Sie wissen, immer schwächer, je größer die Entfernung ist, und zwar so, daß bei doppelter Entfernung die Erleuchtung bis auf ein Viertel, bei dreifacher Entfernung bis auf ein Neuntel, bei zehnfacher Entfernung bis auf ein Hundertel abgenommen hat. Da der Saturn zehnmal so weit als die Erde von der Sonne entfernt ist, so empfängt eine bestimmte Fläche dort nur ein Hundertel der Lichtstrahlen, welche sie auf der Erde, der Sonne ausgesetzt, empfangen würde; denn da die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen sich nach allen Seiten verbreiten, so sind die Strahlen, die bei uns eine Fläche von 1 Quadratfuß treffen, dort auf 10 Fuß Länge und 10 Fuß Breite vertheilt, und das Licht, welches bei uns zur Erleuchtung eines Quadratfußes verwandt wurde, ist dort auf hundert Quadratfuß zerstreut. Hiernach könnten wir berechnen, wie groß die Erleuchtung wäre, die wir von unserm Monde empfangen würden, wenn er zum Beispiel da sich befände, wo der Saturn seine Bahn hat, nämlich zehnmal so weit von der Sonne und viertausend mal so weit von der Erde als seine jetzige Entfernung ist. Der dort stehende Mond würde nur mit dem hundertsten Theile des Lichtes, welches er jetzt empfängt, erleuchtet, und wenn

man nichts von dieser Sonnenfinsterniß, sondern der Mond müßte, wenn es möglich wäre, ihn neben der Sonne zu sehen, nördlich von der Sonne entfernt, an ihr vorbei zu gehen scheinen.

Hieraus erklärt es sich nun auch, warum die ringförmigen und totalen Sonnenfinsternisse an einem bestimmten Orte so ungemein selten sind. Der Strich nämlich auf der Erde, wo eine Sonnenfinsterniß total oder ringförmig erscheint, ist so schmal, daß selbst in einer Gegend Deutschlands dieß Phänomen eintreten kann, während man in andern Gegenden Deutschlands zwar immer eine recht große, aber doch nicht totale oder ringförmige Verfinsterung sieht. Wäre der Mond viel größer, so daß sein Schatten einen größern Theil der Erde ganz bedeckte, so würden diese Erscheinungen in jeder bestimmten Gegend öfter vorkommen.

Aber nicht die Sonnenfinsternisse allein dienen zur Bestimmung der Entfernung des Mondes, sondern auch seine ungleich erscheinende Stellung unter den Sternen. Wenn der Mond uns einen Stern bedeckt, so sehen südlicher wohnende Beobachter sehr oft den Mond nördlich von diesem Sterne vorbei gehen, andere minder entfernt wohnende sehen wenigstens seinen Eintritt und Austritt an andern Stellen des Mondrandes. Da wir bei diesem Phänomen die Zeit, wie lange der Stern hinter dem Monde verweilt, sehr genau wahrnehmen können, und daraus den Weg, den er hinter der Mondesscheibe durchläuft, zu berechnen im Stande sind, so läßt sich daran eine sehr genaue Berechnung jener Entfernung knüpfen, wenn nur die Lage der Beobachtungs-Orte ganz genau bekannt ist.

Wegen dieser ungleichen Stellung des von verschiedenen Orten aus gesehenen Mondes sagen wir vom Monde, er habe eine Parallaxe. Unter Parallaxe nämlich verstehen wir gerade diese, durch Aenderung des Standpunkts bewirkte, scheinbare Aenderung der Lage des Gegenstandes, und diese Parallaxe ist also im Allgemeinen das Mittel zu Bestimmung der Entfernungen. Wenn man bei den Himmelskörpern von Parallaxe spricht, so denkt man sich gewöhnlich einen Beob-

achter im Mittelpunkte der Erde, weil nämlich die regelmäßigen Bewegungen des Mondes und aller Himmelskörper so berechnet werden, wie ein Beobachter im Mittelpunkte der Erde sie sehen würde, und die Parallaxe dann die Correction angiebt, die ein Beobachter in einer bestimmten Gegend auf der Erde anbringen muß, um zu wissen, wo denn ihm dieser Himmelskörper sich zeigen wird. Wenn man dieses weiß, so erhellt sogleich, warum für den Mond, wenn er im Zenith steht, keine Parallaxe statt findet. Ist nämlich (Fig. 32). der Mond in C, der Beobachter in F, der Mittelpunkt der Erde in E, so würden zwei Beobachter in F und E den Mond, oder genau zu reden, den Monds-Mittelpunkt genau in demselben Punkte des Himmels bei einerlei Sternen sehen. Steht dagegen der Mond in G, während der Beobachter in F bleibt, so ist FI die Richtung nach dem Fixsterne, den der Beobachter in E nach der Richtung EG gerade hinter dem Monds-Mittelpunkte sehen würde, FG dagegen ist die Richtung, nach welcher der zweite Beobachter den Mond-Mittelpunkt sieht, und der Winkel IFG ist also die Parallaxe, um welche der Mond dem Beobachter F von der Stelle entfernt erscheint, wo E ihn sieht.

Diese Parallaxe ist desto größer, je näher der Mond dem Horizonte des Beobachters in F steht, und im Horizonte am größten. Es läßt sich nämlich leicht zeigen, daß wenn (Fig. 43.) der Beobachter in B einmal den Mond im Horizonte in E sieht, der parallactische Winkel BEA größer ist, als wenn derselbe Beobachter ihn bei gleichem Abstande zu anderer Zeit in F, bedeutend über dem Horizonte sieht, wo AFB die Parallaxe ist. Hat man BG mit AE parallel gezogen, so ist GBE dem Winkel AEB gleich.

Die Horizontalparallaxe des Mondes pflegt man für jeden Tag in den Jahrbüchern berechnet zu finden. Da die Parallaxe in jeder bestimmten Höhe und namentlich auch die Horizontalparallaxe größer seyn würde, wenn die Erde größer wäre und der Beobachter sich etwa in f befände, so unterscheidet man der vollkommnen Bestimmtheit wegen die Aequatoreal-Horizontal-Parallaxe als diejenige, wo der Beobachter

sich auf dem Aequator der Erde befindet, indem an jedem andern Orte die Parallaxe etwas geringer, und in jeder geographischen Breite eine andere ist.

Durch die Beobachtung dieser Parallaxe ist man zu der Kenntniß gelangt, daß der Mond ungefähr 30 Erddurchmesser von uns entfernt ist, und daß seine Entfernung nicht immer gleich groß, sondern nach bestimmten Perioden abwechselnd, bald etwas größer bald kleiner ist.

Man findet nämlich die Horizontalparallaxe des Mondes nicht zu allen Zeiten gleich, sondern größer, wenn der Mond uns näher rückt; daraus erklärt es sich, warum an den Tagen, wo die Horizontalparallaxe größer ist, auch der scheinbare Durchmesser des Mondes größer ist. Und daraus erhellt ferner, warum Sonnenfinsternisse zuweilen total, zu andern Zeiten nur ringförmig sind *).

* *

Bisher haben wir die Parallaxe des Mondes als Mittel angesehen, um die Entfernung des Mondes zu bestimmen, und wie wichtig sie in dieser Hinsicht ist, wie aufmunternd zu weitern Beobachtungen es ist, hier das erste Beispiel einer wirklichen Entfernungsmessung von der Erde zu einem andern Himmelskörper hin, ausgeführt zu sehen, brauche ich nicht erst zu sagen. Aber wir können sie nun auch auf die umgekehrte Weise benutzen. Solche Beobachtungen, wie die bisher angeführten, haben uns die Entfernung des Mondes kennen gelehrt, wir sind jetzt im Stande, seinen Abstand für jeden Tag zu berechnen, und können folglich, wenn der Mond an einem Orte beobachtet wird, dessen Lage noch unbekannt ist, die Lage dieses Ortes aus der beobachteten Lage des Mondes finden. Daraus geht eine strengere Methode der

---

*) Daß in jedem Falle (Fig. 30. 31.) die Entfernung BC bestimmt ist, wenn man an AB den Winkel ABC aufträgt, durch A eine Linie mit BC parallel und AC um so viel als die Parallaxe angiebt, davon abweichend zieht, erhellt leicht.

Längenbestimmung für Orte auf der Erde hervor, als die, welche ich früher, (in der vierten Vorles.) erwähnt habe.

Die Bestimmung der Breite eines Ortes läßt sich durch die damals erwähnten Hülfsmittel vollkommen genau erhalten; aber das läßt sich von der Bestimmung der Länge nicht rühmen. Die dort erwähnte Anordnung des Ganges der Uhren, daß diese an beiden Orten 12 Uhr zeigen, wenn dem einen oder andern Orte ein bestimmter Stern im Meridian erscheint, läßt sich vollkommen strenge erhalten; die beiden Uhren gehen dann an den zwei Orten wirklich um so viel verschieden, als der Längenunterschied fordert; aber es ist nicht so leicht auszumitteln, wie viel denn dieser Unterschied betrage. Ein recht schönes, in unsern Zeiten auch oft angewandtes Mittel, dieses zu bestimmen, ist zwar die Ueberbringung einer ganz genau gehenden Uhr, eines Chronometers, von dem einen Orte nach dem andern; aber diese hat doch manche Schwierigkeit. Bringt man wirklich eine solche unveränderlich gehende Uhr, die mit der Uhr des einen Ortes genau gleich geht, nach dem andern Orte, so zeigt sie sogleich, wie viel jene Ungleichheit des Ganges beider Uhren beträgt, oder, wie man sich ausdrückt, sie zeigt den Längen-Unterschied in Zeit, und ergiebt den Längen-Unterschied selbst, weil 4 Min. Mittags-Unterschied (oder Zeit-Unterschied beim Erscheinen desselben Sternes in den Meridianen beider Oerter) 1 Grad Längen-Unterschied betragen.

Ein anderes Mittel, jenen Unterschied in der Angabe beider Uhren zu bestimmen, ist wie ich schon früher bemerkt habe, die Beobachtung eines an beiden Orten sichtbaren Signales oder einer für beide Beobachter zugleich sichtbaren Erscheinung. Eine solche Erscheinung ist zwar die Verfinsterung des Mondes, und wenn nur der Schatten so genau begrenzt wäre und so schnell auf dem Monde fortrückte, daß man bis auf 1 Sec. genau den Zeitpunkt, da irgend ein Fleck in den Schatten eintritt, angeben könnte, so würde durch sie der Zweck völlig erreicht seyn; aber diese Genauigkeit erlaubt die Beobachtung einer Mondfinsterniß nicht. Man hat oft die mit Fernröhren sichtbaren Monde des Jupiter, von denen ich

künftig reden werde, zu diesem Zwecke angewandt, indem auch sie genau solche Verfinsterungen, wie unser Mond, leiden, und die Zeit ihres Unsichtbarwerdens statt eines Signales diente. Aber man hat sich nachher überzeugt, daß auch diese Erscheinungen kein wahrhaft augenblickliches Phänomen sind, und daß daher stärkere Fernröhre den dunkler werdenden, allmählig verfinsterten Jupiters-Mond noch zeigen, während er für schwächere Instrumente schon verschwunden ist. Die Blickfeuer auf hohen Bergen angezündet, dienen zwar als gute Signale, aber doch nur für Punkte, die einander nahe liegen. Die Sternschnuppen würden brauchbar seyn, wenn nur die ganz ungewisse Zeit ihres Erscheinens erlaubte, eine ruhige Aufmerksamkeit auf sie zu richten.

Da alle diese Mittel den Zweck einer recht genauen Längenbestimmung nicht vollkommen erfüllen, so war es den Astronomen recht erwünscht, in den Stellungen des Mondes, die man vorzüglich dann, wenn er Fixsterne bedeckt, mit großer Genauigkeit angeben kann, ein Mittel zur Längenbestimmung zu finden. Diese Bestimmung setzt freilich eine genaue Kenntniß des Mondlaufes voraus, deren sichere Begründung ich hier noch nicht als Ihnen bekannt voraussetzen kann; aber dennoch will ich kein Bedenken tragen, diese Methode der Längenbestimmung hier zu erklären, um so mehr, da allenfalls eine Beobachtung an einem schon genau bekannten Orte die Stelle jener Berechnung vertreten kann.

Wir nehmen also an, die Lage unter den Sternen, die der Mond in jedem Augenblick haben würde, wenn man ihn vom Mittelpunkte der Erde aus beobachtete, sey genau bekannt, und unser Kalender gebe an, wo er für jede Stunde, nach der in Paris richtig gehenden Uhr, stehe. Befinden wir uns nun irgendwo auf dem Meere, wo uns die Länge des Punktes, in welchem wir uns befinden, ganz unbekannt ist, so kommt es nur darauf an, erstlich die Zeit des dortigen Mittages zu bestimmen, und zweitens anzugeben, wo in einem bestimmten Augenblicke der Mond für den Mittelpunkt der Erde steht. Der Augenblick des wahren Mittags ist leicht zu bestimmen, da es selbst durch Instrumente, die nicht fest

stehen, möglich ist, den Zeitpunkt, da die Sonne am höchsten steht, anzugeben. Auch den scheinbaren Ort des Mondes, können wir allemal, wenn er über dem Horizonte ist, bestimmen, da dieß indeß am genauesten dann statt findet, wenn er einen Stern bedeckt, so will ich annehmen, an dem Abend, welcher jener Bestimmung des wahren Mittags folgt, zu einer Zeit, die durch eine seit Mittag richtig fortgehende Uhr angegeben wird, beobachten wir eine Sternbedeckung und erhalten dadurch den genau bestimmten scheinbaren Ort des Mond-Mittelpunktes für einen genau bekannten Augenblick. Freilich ist dieser scheinbare Ort des Mondes nicht derselbe, in welchem der Mond dem Beobachter im Mittelpunkte der Erde erscheint, aber da man die Höhe des Mondes über dem Horizonte aus der Beobachtung kennt, und die Mondparallaxe für diesen Zeitpunkt bekannt ist, so kann man aus dem beobachteten Orte des Mondes, indem man auf die Refraction gehörige Rücksicht nimmt, und die Parallaxe berechnet, finden, wo in dem Augenblicke der Beobachtung der Mond, vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen, steht. Wir schlagen nun den für Paris berechneten Kalender auf, und finden da zum Beispiel, daß der Mond um 11 Uhr nach der Pariser Uhr die gefundene Stellung erreicht, diejenige Stellung, die wir um 10 Uhr beobachtet haben, — wir sehen also, daß 10 Uhr unsrer Uhr mit 11 der Pariser Uhr gleichzeitig ist, daß wir folglich uns 1 Stunde in Zeit, das ist 15 Grade westl. von Paris befinden.

Diese Methode, die freilich eine etwas schwierige Berechnung fordert, ist hiernach sehr leicht zu übersehen, und wenn etwa jemand zweifelte, ob jene Vorausberechnung für den Mittelpunkt der Erde ganz genau wäre, so wird er wenigstens leicht einsehen, daß gleichzeitige in Paris angestellte Beobachtungen ergeben würden, wo, nach gehöriger Rücksicht auf die Parallaxe um 9 Uhr, um 10 Uhr, um 11 Uhr der Mond vom Mittelpunkte der Erde aus erschien, und daß also für einen noch nicht genau bestimmten Beobachtungspunkt auf dem festen Lande diese Methode völlig brauchbar ist, weil man da die Mittheilung der Pariser Beobachtungen abwarten

lich ist es doch Schröter geglückt, einige Veränderungen auf ihm zu beobachten, und seine Umdrehungsperiode zu bestimmen. Schon früher hatte Schröter bemerkt, daß das Licht gegen die Erleuchtungsgrenze hin ungemein stark abfiel, so daß der erleuchtete Theil oft viel schmäler erschiene, als er nach der Stellung gegen die Sonne sollte. Schröter schloß hieraus, daß die von einer dichten Atmosphäre zurückgeworfnen Strahlen sehr viel beitragen, um das Licht des Planeten zu verstärken, dessen feste Oberfläche uns nur undeutlich sichtbar ist; denn wenn dieß der Fall ist, so muß der Mercurius uns da am glänzendsten erscheinen, wo unsre Gesichtslinie weit in der erleuchteten Atmosphäre fortgeht, das ist am Rande. Diese dichte Atmosphäre mag auch die Erleuchtung in den Gegenden, wo die Sonne niedrig steht, sehr schwächen, und das durch die Atmosphäre zu uns gelangende Licht, welches von der festen Oberfläche reflectirt wird, kann also nahe an der Lichtgrenze nur wenig zu Verstärkung des Glanzes beitragen, statt daß da, wo die Sonne den Planeten senkrecht bescheint, die stark erhellte Oberfläche uns durch die dichte Atmosphäre ihre Strahlen zusendet.

Diese Beobachtungen, die allenfalls nur dadurch, daß jenes Matterwerden gegen die Lichtgrenze hin, zuweilen auffallender war, auf ungleiche Beschaffenheit einzelner Theile des Mercurius hindeuteten, schienen wenig Sicheres zu lehren, und es war daher sehr erfreulich, daß Schröter endlich eine regelmäßig wiederkehrende Abstumpfung der einen Hornspitze des mondförmig erleuchteten Mercurs bemerkte. Diese ungleiche Erscheinung des Planeten ward durch Beobachtungen am Tage, wobei man den Mercur anhaltender betrachten konnte, bestätigt, und die Umdrehungszeit ziemlich nahe zu 24 Stunden bestimmt. Aber diese entdeckte Rotation des Mercurius wurde noch mehr bestätigt, als endlich Schröter und Harding einen Streifen bemerkten, dessen Lage sich schon in $1\frac{1}{2}$ Stunden so, wie es der Rotation gemäß seyn mußte, änderte. Aehnliche Flecken und Streifen, die indeß manchen Veränderungen unterworfen waren, wurden noch öfter beobachtet, und obgleich aus ihren, von einem Tage zum andern merklichen,

Aenderungen in Form und Lage sich zu ergeben schien, daß sie atmosphärische Erscheinungen seyn mochten, so ließ sich doch die Rotation des Mercurius auch an ihnen wahrnehmen, da ein Fortrücken von 50 Meilen in einer Stunde doch nicht gut als ein Fortrücken auf dem Mercur, sondern mit der Oberfläche des Planeten, angesehen werden kann. Aber wegen der Aenderung der Lage dieser Streifen ergab sich aus ihnen nicht immer eine gleiche Rotationszeit, oder vielmehr, in Vergleichung gegen die aus den gesammten Beobachtungen folgende Umdrehungszeit, fand sich, daß diese atmosphärischen Erscheinungen, gleichsam vom Winde fortgeführt, ihre Stelle nach mancherlei Richtungen änderten. Die Länge dieser, oft schnell entstehenden, und oft auch bald wieder verschwundenen atmosphärischen Streifen fand Schröter zuweilen 400 Meilen, und bemerkt, daß sie in der Zeit seiner damaligen Beobachtungen (im Mai 1801) wiederholt in derselben Gegend entstanden, also auf eine, dem Klima einer bestimmten Gegend angemessene Veränderung hindeuteten.

Die wichtigste Folgerung aber, die sich aus dem beobachteten Fortrücken der Streifen ziehen läßt, ist die, daß auch des Mercurius Axe etwa 20 Grade gegen die Ecliptik geneigt ist, also, obgleich die Beobachtung keine sehr genaue Bestimmung der Lage der Axe gegen die Mercursbahn gestattete, doch so viel erhellt, daß die Abwechselungen der Jahreszeiten eben solche ungleiche Höhen der Sonne über dem Horizonte darbieten, wie auf der Erde.

Die so oft beobachtete Ungleichheit der Hornspitzen, wo bald die eine, bald die andre abgestumpfter erschien, erklärt Schröter aus dem Schatten sehr hoher Gebirge, die gegen das Ende der sichtbaren Erleuchtungsgrenze liegend, ihren Schatten bis an diese Grenze warfen. Daß wirklich diese Schatten die Hornspitze bedeckten, und nicht etwa eine an sich graue Fläche uns den Anblick der Hornspitze entzog, schließt Schröter daraus, weil ein solcher dunkler Flächentheil bei den verschiedenen Stellungen der Erde doch wohl einmal sich so gezeigt hätte, daß er von der Lichtgrenze entfernt gegen den Pol des Planeten hin zu sehen gewesen wäre. Da dieses nie statt

fand, so liegt darin allerdings ein Grund zu glauben, daß diese Dunkelheit erst bei der Annäherung zur Lichtgrenze entstand, daß sie also ein, erst bei niedrigem Stande der Sonne recht auffallend werdender Schatten war. Dieser Schluß hat vieles für sich; und man könnte nur den Zweifel hegen, ob bei der starken Dämmerung, die auf dem Mercurius statt finden muß, wenn er wirklich eine solche Atmosphäre hat, wie es andre Beobachtungen andeuten, die Schatten dunkel genug sind, um uns kenntlich zu werden. Sind es wirklich Schatten, durch welche diese Erscheinung hervorgebracht wird, so müssen sie unstreitig sehr hohen Bergen angehören, die dann freilich nicht allein sehr lange Schatten werfen, sondern, da sie auch den ganzen dichtern Theil der Atmosphäre mit beschatten, die Dämmerung weit mehr aufheben können, als es bei uns, da wir auf der Erde so hohe Gebirge nicht kennen, der Fall ist. Schröter rechnet diese Gebirge zu $2\frac{1}{2}$ Meilen hoch an.

Nicht bloß gegen die Pole hin, die uns doch immer ziemlich nahe bei den Hörnerspitzen erscheinen werden, scheinen solche Gebirge zu seyn, sondern auch gegen den Aequator zu. Schröter beobachtete nämlich, daß die Lichtgrenze zuweilen auch um die Mitte des Planeten eine Einbeugung zeigte, so als ob die Schatten langer Gebirgsketten uns den Anblick eines Theils der Halbkugel entzögen, die, nach der Natur der Kugelform, erleuchtet seyn sollte. Diese beschattete Einbeugung verschwand, wenn die Rotation des Planeten uns eine andre Seite darbot, und zuweilen traf die Zeit einer zweiten Beobachtung so glücklich, daß man jene Schatten am folgenden Abend eben so wieder erkannte.

Das ist ungefähr das ganze Resultat der schönen und mühsamen Beobachtungen Schröters. Merkwürdig scheint es indeß auch noch, daß zuweilen in langer Zeit keine solche atmosphärische Streifen wahrgenommen wurden, und daß sie dagegen zu andrer Zeit so dauernd in derselben Gegend der Oberfläche, wenn gleich mit einer nicht ganz unerheblichen Fortrückung, wahrgenommen wurden. Schröter bemerkt, daß er in derselben südlichen Gegend des Planeten über ein halbes

Mercurs-Jahr lang solche Streifen beobachtet habe, die also mehr eine Eigenthümlichkeit dieser Gegend, als ein Erzeugniß der ungleichen Jahreszeiten zu seyn schienen.

* * *

Auch die Oberfläche der Venus bietet nur wenig abwechselnde Erscheinungen dar, aus denen sich auf die natürliche Beschaffenheit dieses Planeten schließen ließe. Ihr weißes, sehr lebhaftes Licht macht sie dem Mercurius ähnlich, und auch die Erscheinung, daß das Licht, gegen die Lichtgrenze zu, viel matter wird, bemerkt man an ihr, wie am Mercur. Obgleich auch sie schwache, nebliche Flecke zeigt, so sind diese doch meistens so schwer zu erkennen, so undeutlich und unbestimmt, daß Herschel es nicht wagte, daraus ihre Umdrehungsperiode abzuleiten. Auch Schröter fand diese Bestimmung, die in älterer Zeit (vermuthlich unter besonders günstigen Umständen) Cassini geglückt war, sehr schwierig, und wäre vielleicht zu keinem sichern Schlusse gelangt, wenn er nicht bemerkt hätte, daß die Hornspitzen der sichelförmig oder auch halb erleuchteten Venus zuweilen ungewöhnlich abgerundet erschienen. Da er diese Beobachtungen viel früher, als die schon erzählten über den Mercurius, anstellte, so hatte er zur Vergleichung nur die Erscheinungen des Mondes vor sich, welcher uns auch, bald ein noch in der Nachtseite liegendes, aber dennoch schon erleuchtetes Gebirge, also eine ungewöhnlich scharf vorausspringende Spitze, bald eine Beschattung durch hohe etwas von der Lichtgrenze entfernt liegende Berge, also ein abgestumpftes Horn, zeigte. Die beobachteten Flecke hatten zwar durch ihre in wenigen Stunden merkliche Aenderung der Lage auf eine Rotation hingewiesen, deren Dauer nicht viel von 23 oder 24 Stunden verschieden seyn konnte; aber da man am folgenden Tage nie denselben Fleck wieder erkannte, so ließ sich über die genaue Dauer einer Umdrehung aus so geringen Aenderungen wenig schließen. Diese Beobachtung der Hörnerspitzen führte dagegen zu einer bestimmteren Folgerung. Oft nämlich war das südliche Horn der Venus viel

da erzählen, wo ich das, was uns von der natürlichen Beschaffenheit der Weltkörper bekannt ist, umständlicher Ihnen mitzutheilen gedenke.

Zehnte Vorlesung.

Die vorigen Betrachtungen alle reiheten sich so an einander, daß ich sie nicht glaubte unterbrechen zu dürfen, obgleich wohl hie und da das Bedürfniß fühlbar ward, etwas Genaueres über die Zeitbestimmungen anzugeben, die ich bisher nur immer sehr obenhin angeben konnte. Indeß, um das bisher Erläuterte zu verstehen, konnten wir mit der bekannten Zeiteintheilung, daß ein Tag 24 Stunden, die Stunde 60 Minuten, die Minute 60 Sec. enthält, ausreichen, wenn wir gleich wohl schon Veranlassung zu der Frage, was denn im ganz strengen Sinne ein Tag heißt, gefunden hätten. Diese Frage und die daran geknüpften Untersuchungen über die verschiedene Eintheilung der Zeit soll uns heute beschäftigen.

Die Zeit, welche zwischen zwei Durchgängen eines und desselben Sternes durch den Meridian verfließt, ist für alle Fixsterne und für jede Umdrehung der Himmelskugel gleich groß; sie heißt ein Sterntag, und wird in 24 Sternstunden eingetheilt. Die Astronomen bedienen sich gern dieser Eintheilung der Zeit, weil der Eintritt jedes Sternes in den Meridian, wenn man seine Lage kennt, sogleich zur Bestimmung dieser Zeit dient. Der Augenblick, von welchem man anfängt die Sternstunden zu zählen, wäre an sich gleichgültig; aber da Aequator und Ecliptik zwei so sehr merkwürdige Kreise sind, so hat man mit Recht ihren Durchschnittspunkt, nämlich den Punkt der Frühlingsnachtgleiche als den gewählt, dessen Durchgang durch den Meridian als Anfang des Sternentages angesehen wird.

Dieser Punkt, der unter dem Sterne Algenib im Pegasus und unter dem Schwanze des niedriger stehenden Fisches liegt, kann nun freilich nicht selbst beobachtet werden, und seine genaue Bestimmung ist zu schwierig, um sie hier anzugeben; aber da wir durch den Fleiß der Astronomen Sternverzeichnisse besitzen, worin die gerade Aufsteigung und Abweichung vieler Sterne genau angegeben ist, so kann die Beobachtung eines jeden solchen Sternes zur Zeitbestimmung dienen. Sehen wir zum Beispiel den hellen Stern im Auge des Stiers (Aldebaran) im Meridian, so sagt unser Stern-Catalog, daß dieser jetzt 66° 29′ gerade Aufsteigung hat, also weil in 1 Stunde 15 Grade durch den Meridian gehen, daß 4 Stunden 26′ nach dem Durchgange jenes Anfangspunktes verflossen sind; und die Beobachtung jedes bekannten Sternes setzt uns so im Stand, die Uhr nach der Sternzeit zu stellen. Beobachten wir die Durchgänge mehrerer bekannter Sterne durch den Meridian, so sehen wir zugleich ob unsre Uhr richtig geht; denn da die Stellung vieler Sterne genau bekannt ist, so liegt es an unsrer Beobachtung, oder an unsrer Uhr, wenn die verschiedenen Beobachtungen nicht mit der Zeit unsrer Uhr zusammentreffen. Aber eben so gut können wir auch mit Hülfe einer richtig gehenden Uhr die Lage noch nicht bestimmter Sterne in das Sternverzeichniß eintragen.

Es ist für die Zeitbestimmung ein sehr glücklicher Umstand, daß diese scheinbare Umdrehung der Himmelskugel so sehr gleichförmig und regelmäßig geschieht, daß sie uns mit vollkommener Strenge gleiche Zeitabtheilungen giebt, und uns zu Berichtigung unsrer Uhren, die bei aller Vollkommenheit doch keine vollkommene und durchaus fehlerfreie Gleichförmigkeit haben können, dient.

Diese Sternentage sind nun freilich die passendsten zu einer genauen Zeiteintheilung; aber sie haben das Unbequeme, daß sie mit unsern täglichen Beschäftigungen nicht immer auf gleiche Weise zusammen stimmen. Wenn unsre Uhr allemal 12 zeigt, indem der Frühlingsnachtgleichenpunkt durch unsern Meridian geht, so stimmt dieses 12 Uhr zwar am 21ten März,

schluß zu geben. Schröter sah nämlich einmal einen dunkeln Streifen, der eine schiefe Richtung gegen die Lichtgrenze der damals halb erleuchteten Venus hatte, und der seine Stelle vermöge der Rotation so änderte, daß man sah, er sei dem Aequator parallel; er rückte nämlich in einer Richtung, die mit seiner eignen Lage übereinstimmte, fort. Diese Beobachtung, die freilich auch keine ganz gute Bestimmung der Axe giebt, deutet wenigstens an, daß die Schiefe der Ecliptik auf der Venus wohl noch größer, als auf der Erde, seyn mag, das heißt, daß die Zone, welche zuweilen die Sonne im Zenith sieht, breiter ist als auf der Erde, und die Zonen, denen die Sonne zuweilen ganze Tage lang nicht aufgeht und nicht untergeht, ausgedehnter sind, als auf der Erde.

Diese Streifen sind auf der Venus sehr selten, und die übrigen neblichen Flecke zeigen keine mit dem Aequator parallele Lage. Die Veränderlichkeit derselben scheint zu zeigen, daß sie in der Atmosphäre der Venus entstehn, und dort vielleicht unsern Wolken ähnlich seyn mögen; indeß bleibt es immer etwas zweifelhaft, ob der bewölkte Himmel der Erde weniger Licht als der von der Sonne beschienene feste Erdkörper zurückwirft, und so fern kann man auch mit Herschel die dunklern Flecke als ein Durchblicken des dunkeln Venuskörpers ansehen; und der ungemeine Glanz der weißen von der Sonne erleuchteten Wolken der Erd-Atmosphäre ließe sich mit Recht als Grund dafür angeben. Aber für Schröters Meinung, daß die dunklern Flecke wolkenartige Verdichtungen der Atmosphäre sind, scheint doch das zu sprechen, daß wir mit gutem Grunde annehmen dürfen, daß das Licht der Venus zum Theil von Gegenständen auf ihrer Oberfläche, namentlich von erleuchteten Bergspitzen, herkomme. Merkwürdig ist es übrigens, daß nur so selten wolkenähnliche Verdunkelungen in der ziemlich dichten Atmosphäre der Venus entstehen.

Daß diese Atmosphäre ziemlich dicht genannt werden könne, erhellt aus mehrern Umständen, nämlich, aus der so starken Abnahme des Lichtes gegen die Lichtgrenze hin, und aus der auf der Venus beobachteten Dämmerung. Die Schwächung des Lichtes gegen die Lichtgrenze zu, stimmt ganz mit dem

ganz genau zusammen traf. Da nun 1 Grad in 4 Min. Sternzeit durch den Meridian rückt, so gehen 59′ 8″ in 3 Min. $56\frac{1}{2}$ Sec. Zeit durch den Meridian, und die Sonne würde, wenn sie das ganze Jahr durch täglich gleich viel später zum Meridian gelangte, täglich um so viel hinter den Sternen zurückbleiben. Der mittlere Sonnentag ist also 24 St. 3′ 56″ Sternzeit, und umgekehrt ist der Sternentag = 23 St. 56′ 4″ mittlere Sonnenzeit.

Diese Eintheilung der Zeit ist es eigentlich, die wir im bürgerlichen Leben befolgen, oder mit welcher wenigstens der Astronom unsre bürgerlichen Tage begleitet. Nach dieser Zeiteintheilung kommt freilich nicht immer genau um 12 Uhr die Sonne in den Mittagskreis, aber die ungleichen Zeiträume der wahren Sonnentage gleichen sich aus, und am Ende des Jahres treffen Uhr und Sonne wieder überein. Unsre Calender und Jahrbücher geben täglich an, wie weit der wahre Mittag von dem: 12 Uhr, der nach mittlerer Zeit gehenden Uhr abweicht, und dieses beträgt zu gewissen Zeiten ziemlich viel, im Anfange des November 16 Min., aber dennoch werden Sie die Nothwendigkeit, in astronomischen Rechnungen sich der mittleren Zeit zu bedienen, anerkennen.

Man hat mehrmals die Frage aufgeworfen, ob man sich nicht auch im bürgerlichen Leben an die mittlere Zeit halten solle, und hat die bejahende Antwort sehr ernstlich vertheidigt: ich muß aber gestehen, daß ich dieser Meinung nicht beistimmen kann. Im gewöhnlichen Leben ist das Einfachste und Natürlichste jeder künstlichen Bestimmung vorzuziehen, und daher die Zeit, welche man nach jeder Mittagslinie finden, die man mit jeder guten Sonnenuhr vergleichen kann, diejenige, nach welcher wir unsre Geschäfte am aller besten einrichten. Wären unsre Stadtuhren so vortrefflich, daß sie im Laufe eines ganzen Jahres nie einer Correction bedürften, so hätte freilich die Klage, daß man wegen der Ungleichheit der Sonnentage an ihnen rücken und stellen müsse, einigen Grund; aber diese Klage wird noch in geraumer Zeit nicht stattfinden, da vielmehr unsre Uhren meistens viel öfter gestellt werden

chung in der Atmosphäre ist, läßt sich nicht behaupten, aber möglich ist es wenigstens. Schröter hielt diese auffallend abgeflächte Stelle, die nicht da lag, wo wir den Pol der Venus vermuthen könnten, für eine hohe Berggegend, an welche sich eine viel niedrigere anschließe.

Endlich muß ich noch zwei Erscheinungen anführen, die man an der Venus beobachtet hat. Die erste ist ein den Körper der Venus bei Durchgängen durch die Sonnenscheibe umhüllender Ring, den man Atmosphäre der Venus nennen würde, wenn er sich nicht auf bedeutend größere Entfernungen von ihrer Oberfläche erstreckte, als sich, andern Beobachtungen zufolge, die Atmosphäre der Venus zu erstrecken scheint, und über dessen Entstehung sich daher nichts Gewisses sagen läßt. Die andre Erscheinung besteht darin, daß man zuweilen die ganze unerleuchtete Seite der Venus erkennt, und daß diese sich zuweilen in aschgrauem, zuweilen in röthlichem Lichte zeigt. Dieses, von mehrern Beobachtern wahrgenommene Phänomen gleicht der Erscheinung, welche die Nachtseite des Mondes uns darbietet; aber bei diesem wissen wir, daß die Erde die nächtliche Erleuchtung bewirkt, statt daß uns kein Körper bekannt ist, der die Nächte der Venus so erheblich erhellen könnte. Ein Natur-Ereigniß, unsern Nordlichtern gleich, könnte uns indeß gar wohl die Nachtseite kenntlich genug erleuchtet zeigen. Am Mercurius hat man etwas Aehnliches nie bemerkt; aber einmal sah Schröter, beim Vorübergange desselben vor der Sonne, auf ihm einen matt erleuchteten Fleck, der also gleichfalls eine Licht-Erscheinung in der Nachtseite, wenn auch auf eine kleine Gegend beschränkt, seyn mußte.

Vier und dreißigste Vorlesung.

Die Beobachtungen des Planeten Mars, mit welchen ich Sie, m. h. H., heute unterhalten werde, bieten uns etwas mehr Befriedigung, als die bisher erzählten dar, und wenn gleich selbst hier unsre Kenntnisse von den Eigenschaften dieses Planeten dürftig bleiben, so zeigen uns doch die Beobachtungen manche sehr auffallende Uebereinstimmung mit Erscheinungen auf der Erde. Der Mars, der nicht so sehr viel weiter, als die Erde, von der Sonne entfernt ist, scheint, unter allen Planeten, der Erde am ähnlichsten zu seyn, und wenn es gleich etwas gewagt ist, von dem Schnee auf dem Mars und von Wolkenzügen und Winden, die wir dort beobachten, zu reden, so geben doch die Beobachtungen uns so nahen Anlaß zu Vergleichungen mit den eben erwähnten Gegenständen auf der Erde, daß man sehr zu der Meinung hingezogen wird, auch dort sei Luft und Witterung ziemlich so, wie auf der Erde.

Nicht bloß Herschel und Schröter haben dem Mars eine genauere Aufmerksamkeit geschenkt, sondern auch manche andre Beobachter, namentlich Harding, Gruithuisen, Flaugergues, haben uns Beiträge zur Kenntniß dieses Planeten geliefert. Unter den Erscheinungen, auf welche sie aufmerksam machen, ist eine, die man leicht mit einem guten Fernrohre wahrnimmt, und die schon in den Jahren 1704 und 1719 von Maraldi beobachtet ist, nämlich daß man um die Pole des Mars helle Flecke bemerkt, die sich nach den Jahreszeiten des Mars allmählig anders zeigen, und ziemlich regelmäßige periodische Wechsel darbieten. Sie wissen schon, das der Mars zu seinem Umlaufe um die Sonne 1 Jahr und 322 Tage gebraucht, und da auch er eine Rotation hat, und seine, gegen die Bahn geneigte, Axe, immer einerlei Lage behält, so müssen die Wechsel der Jahreszeiten eben so in einem Marsjahre wiederkehren, wie bei uns in einem

bestimmen, muß ich Ihnen doch noch anzeigen. Ich erwähnte vorhin die Mittagslinie, dieses ist diejenige Richtung auf der horizontalen Ebne, in welcher der genaue Südpunkt liegt, und folglich die Linie, in welche ein vertical hängender Faden, oder ein vertical stehender Körper seinen Schatten wirft, wenn die Sonne im Mittage steht, so daß, wenn sie einmal richtig gezogen ist, das Zusammentreffen des Schattens mit dieser Linie das Zeichen des Augenblicks ist, da der wahre Mittag eintritt.

Um die Mittagslinie zu ziehen, zeichnet man auf einer genau horizontalen Ebne einen Kreis, (Fig. 19.) und errichtet in dessen Mittelpunkte einen verticalen Stift A F. Man bemerkt nun Vormittags den Punkt D des Kreises, wo der Schatten dann eintrifft, wenn sein Endpunkt genau in den Kreis fällt; eben so bemerkt man Nachmittags den Punkt C, wo das Ende des Schattens wieder in den Kreis fällt, und halbirt den zwischen C, D, liegenden Bogen; die von A nach dem Halbirungspunkte gezogene gerade Linie ist die Mittagslinie. Diese Bestimmung gründet sich auf die Ueberzeugung, daß der um Mittag sehr kurze Schatten gleiche Länge hat 1 Stunde vor und nach dem Mittage, 2 Stunden vor und nach dem Mittage, und so ferner, und daß für solche gleich weit vom Mittage entfernte Zeiten die Richtung des Schattens gleich weit von der Mittagslinie abweicht. Dieses ist nun freilich nur dann genau richtig, wenn die Sonne ihre Abweichung während der Zwischenzeit ganz ungeändert behält, aber da in einigen Stunden der Unterschied der Abweichung allemal geringe ist, so fehlt man nicht erheblich, wenn man die Rücksicht darauf bei Seite setzt. Am längsten Tage ist der Fehler völlig Null. Dieser Mittagslinie bedient man sich auch, um die Sonnenuhren in ihre richtige Stellung zu bringen.

Elfte Vorlesung.

Die Zeitbestimmungen machen einen so wesentlichen Theil der Astronomie aus, ja die Frage nach manchem Einzelnen, was dahin gehört, wird schon durch unsere Calender, und durch bürgerliche Einrichtungen, die vom Calender abhängen, so sehr herbei geführt, daß ich wohl keine Entschuldigung voraus zu schicken brauche, wenn ich Sie, m. h. H., damit etwas umständlicher unterhalte.

Wir alle wissen zwar, daß das Jahr aus 365 Tagen besteht, aber wir denken selten daran, zu fragen, von welchem ganz genau bestimmten Phänomenen dieser Zeitraum abhängt, ob die Menschen immer so wie wir, gerechnet haben, und so ferner.

Daß die in der gemäßigten Zone lebenden Menschen schon früh die Wiederkehr gleicher Jahreszeiten, das Grünen der Bäume, die milder werdende Luft bemerken mußten, daß sie die Gleichheit der Perioden von einem Frühling bis zum andern, die gleiche Folge des Frühlings, Sommers, Herbstes, Winters, gewahr werden mußten, das läßt sich leicht erachten. Diese Beobachtung scheint sich zuerst an die Erscheinungen des Mondes, an die Bemerkung, daß 12 Mondwechsel ungefähr der Periode der Jahreszeiten gleich sind, angeschlossen, und darnach sich das Mondenjahr von 12 Mondwechseln gebildet zu haben. Aber man bemerkte bald, daß jene Rückkehr der Jahreszeiten nicht genau mit einem solchen Jahre zusammen stimmte, daß man genöthigt war, alle 3 Jahre einen Mondwechsel oder Mondenmonat zuzugeben, und so Jahre bald von 12, bald von 13 Monaten zu bilden, um ungefähr in denselben Monaten dieselben Naturerscheinungen wieder zu sehen. So fand man sich zu der Nothwendigkeit, die Sonne selbst näher zu beobachten, hingezogen, und fand nun, daß ihre Stellung unter den Sternen die Jahreszeiten bestimmte. Man bemerkte, daß der Aufgang

eines Sternes nur in einer gewissen Jahreszeit mit dem Untergange der Sonne zusammentreffen, und daß das Erscheinen dieses Sternes am östlichen Himmel kurz nach dem Untergange der Sonne als ein Merkmal, daß die Sonne wieder zu dem bestimmten Stande gelangt sey, dienen könne. Die Alten beachteten eigentlich zwei Aufgänge der Gestirne, nämlich den eben beschriebnen acronyktischen, beim Anfange der Nacht, und den heliacischen, das ist den, wo der Stern eine kurze Zeit vor der Sonne aufging, und daher in der Morgendämmerung nur noch eine kurze Zeit am östlichen Horizonte sichtbar ist. Eben so beobachteten sie auch den heliacischen Untergang, wo ein Stern sich Abends in den Strahlen der Sonne verbirgt, oder, weil die Sonne immer weiter nach Osten rückt, nicht mehr lange genug nach Sonnenuntergang über dem Horizonte verweilt, um noch in oder nach der Dämmerung gesehen zu werden.

Durch dieses Hülfsmittel kam man allmählig dahin, das Mondenjahr, das bald 12 bald 13 Monate, und auch diese ungleich, bald von 29 bald von 30 Tagen hatte, genauer an das Sonnenjahr zu knüpfen. Doch mit diesen Bestimmungen, die freilich einen interessanten Theil der Chronologie ausmachen, will ich Sie nicht unterhalten, sondern zu den Betrachtungen übergehen, die noch jetzt in unserm Calender Anwendung finden.

Wenn die Sonne in genauen 365 Tagen zu eben der Stellung am Himmel zurückkehrte, so würde ein Jahr von 365 Tagen ohne weitere Schwierigkeit der Forderung, daß derselbe Stand der Sonne immer mit demselben Monatstage zusammenstimme, Genüge thun; aber das Jahr ist etwas länger, so daß es ungefähr $365\frac{1}{4}$ Tage beträgt. Dieser Umstand führt die Nothwendigkeit der Schaltjahre herbei. Offenbar nämlich würde der längste Tag, der dieses Jahr auf den 21sten Juni fällt, nach 4 Jahren auf den 22sten Juni, nach 8 Jahren auf den 23sten Juni, nach 80 Jahren auf den 11ten Juli fallen, und es würde bald dahin kommen, daß der Juni ein Frühlingsmonat und endlich ein Wintermonat würde; die Annehmlichkeit, die wir von einem gut eingerichteten

Calender fordern, daß jedem Monat immer eine bestimmte Jahreszeit und Stellung der Sonne entspreche, würde also bald ganz wegfallen. Um dieses Umstandes willen hat man schon lange angefangen, *) jedes vierte Jahr zu einem Schaltjahre von 366 Tagen zu machen; denn wenn nun gleich im einen Jahre die Nachtgleiche in der Nacht vom 20sten auf den 21sten März eintritt, im zweiten Jahre am 21sten März Morgens, im dritten Jahre am 21sten März Mittags, so wird doch im vierten Jahre der Augenblick der Nachtgleiche wieder auf den Abend des 20sten März zurückgeführt, und also nie ein solches Fortrücken der Jahreszeiten statt finden.

Diese Einschaltung, nach welcher in jedem 4ten Jahre der Februar 29 Tage erhält, statt daß er sonst nur 28 Tage hat, würde genau den Calender mit dem Stande der Sonne einstimmig erhalten, wenn die Sonne gerade 365 Tage 6 Stunden gebrauchte, um von einer Frühlingsnachtgleiche zur andern zu gelangen; aber dieser Zeitraum, den wir eigentlich als die wahre Länge eines Jahres anzusehen haben, ist um 11 Min. kürzer. Wenn wir alle 4 Jahre einen Tag, oder alljährlich 6 Stunden einschalten, so thun wir also zuviel, und obgleich dieses nicht so sehr erheblich ist, so hat es doch den Erfolg, daß die Nachtgleiche, die 1804 am 20sten März um 8 Uhr Abends statt fand, im Jahre 1808 schon um $7\frac{1}{4}$ Uhr Abends eintrat, und 1828 um $3\frac{1}{2}$ Uhr Abends am 20sten März eintreten wird. Diese kleine Ungleichheit würde zwar selbst in einer bedeutenden Reihe von Jahren noch für das bürgerliche Leben nicht merklich werden; aber sie bringt doch in 100 Jahren die Nachtgleiche auf die Nacht zwischen dem 19ten und 20sten März zurück, und würde in 4 Jahrhunderten 3 Tage ausmachen. Aus diesem Grunde hat der Gregorianische Calender die Einrichtung, daß das letzte Jahr des Jahrhunderts

---

*) Julius Cäsar, der den nach ihm genannten Julianischen Calender anordnete, setzte den Schalttag zwischen den 6ten und 7ten ante Calend. Martii, daher hieß er bisextilis; der 6te ante Cal. Martii ist der 24ste Februar, den wir auch noch als Schalttag benennen.

zeigte, den Grund dieser Ungleichheit einigermaßen nachgewiesen. Gewiß war es nämlich, und Harding kann dieß, als Augenzeuge und Theilnehmer an den Schröterschen Beobachtungen am besten bestätigen, daß zur Zeit der Schröterschen Beobachtung keine Abplattung zu bemerken war; Harding hat sich auch davon sonst noch oft überzeugt; aber am 28. März 1824 sah er den Planeten ganz so abgeplattet, wie Herschel ihn angiebt. Zu dieser Zeit, einige Zeit vor der Nachtgleiche, zeigten sich an beiden Polen kleine helle Fleckchen, aber zugleich war um den Aequator der Rand an beiden Seiten so ungewöhnlich glänzend, daß dieses starke Licht eine scheinbare Vergrößerung des Aequatoreal-Durchmessers bewirken mochte. Wenn ich die Angaben richtig verstehe, so war am Aequator an beiden Rändern ein, gegen die gemäßigte Zone allmählig matter werdendes glänzendes Licht; die Polarzone stellte sich dem Auge wegen ihrer Helligkeit als über den kreisförmigen Rand hervorspringend dar, und brachte eben deßhalb, weil man hier den Rand nach Maaßgabe der benachbarten Gegenden richtig schätzte, an dieser Stelle nicht die Täuschung hervor, als ob der Durchmesser größer wäre; am Aequator aber, von wo der helle Rand allmählig verwaschen gegen die gemäßigten Zonen fortging, bewirkte die Irradiation die volle Täuschung, wodurch man den Aequatoreal-Durchmesser zu groß angab.

Die Beobachtungen des Mars müssen, wenn man seine Oberfläche am besten zu sehen wünscht, um die Zeit der Opposition angestellt werden. Dann ist er nicht nur uns weit näher, sondern wir sehen dann auch seine ganze erleuchtete Oberfläche, statt daß er uns, wenn er bei Sonnen-Aufgang oder Sonnen-Untergang im Meridian erscheint, einen Theil seiner dunkeln Seite zuwendet, und uns deßhalb, etwa so, wie der Mond kurz nach dem Vollmonde, nicht ganz rund erscheinen kann. Ist der Mars im Anfang des Juni oder im Anfang des December in Opposition, so sehen wir beide Pole im Rande der Marsscheibe. —

* * *

Diese drei Planeten sind nebst dem Jupiter und Saturn seit den ältesten Zeiten bekannt gewesen, und in Jahrtausenden war kein neuer Planet entdeckt. Selbst die Hoffnung, durch Hülfe der Fernröhre neue Planeten zu entdecken, schien ziemlich geringe, da man nur bei starken Vergrößerungen einen dem bloßen Auge unsichtbaren Planeten von Fixsternen zu unterscheiden hoffen konnte, und mit diesen alle Gegenden des Thierkreises durchzumustern schwierig war, in Ermangelung so starker Vergrößerungen aber ein Planet nur durch seine Bewegung erkannt werden kann. Daß Herschel den Gedanken faßte und ausführte, mit starker Vergrößerung den Himmel zu durchsuchen, um zu sehen, ob es nicht noch mehr Planeten gebe, werde ich bei der Entdeckung des Uranus erwähnen, und dagegen hier angeben, wie die Planeten entdeckt sind, die zwischen dem Mars und Jupiter ihre Bahnen haben.

Schon lange vor der Entdeckung dieser Planeten hatte besonders Bode darauf aufmerksam gemacht, daß der Abstand zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter größer sei, als man nach Maaßgabe der übrigen Zwischenräume erwarten konnte, und daß also hier wohl noch ein unbekannter Planet seine Bahn haben könne. Als daher im April 1801 in Deutschland die Nachricht bekannt wurde, daß Piazzi einen Cometen ohne Nebelhülle entdeckt habe, der, anfangs rückläufig, eine rechtläufige Bewegung annahm, als er 56 Grade von der Opposition entfernt war, so vermuthete man sogleich, der neu entdeckte Körper möge der hier vermißte Planet seyn, der ungefähr so weit von der Opposition stillstehend erscheinen mußte. Auf eben den Gedanken waren unterdeß auch Piazzi und Oriani gekommen. Piazzi hatte diesen Stern, der sich von Fixsternen nicht merklich unterschied, am 1. Jan. 1801 beobachtet, und am folgenden Abend bemerkt, daß er seine Stelle gegen die übrigen Sterne geändert habe. Diese Beobachtung, welche den Stern als einen Planeten oder Cometen erkennen ließ, bewog Piazzi, seine Aufmerksamkeit fortgesetzt auf ihn zu richten; aber am 11. Febr. unterbrach eine Krankheit die Beobachtungen; die Zeit, wo der Planet gesehen werden konnte, ging unterdeß vorbei, und da andre Astro-

nomen zu spät von dieser Entdeckung unterrichtet wurden, so kam es nun darauf an, im nächsten Winter, wenn der Planet wieder in hinreichendem Abstande von der Sonne gesehen werden konnte, ihn wieder aufzufinden. Dieses war aber ohne Kenntniß der Bahn des Planeten nicht wohl möglich, und diese Bahn aus einer so kurzen Beobachtungsreihe abzuleiten, schien ebenfalls nach den bis dahin bekannten Methoden nicht ausführbar. Man konnte nämlich aus der kurzen Beobachtungsreihe wohl übersehen, daß eine Kreisbahn von einem $2\frac{3}{4}$ mal so großen Halbmesser, als die Erdbahn, den Beobachtungen entspreche; aber da eine genau kreisförmige Bahn gar nicht wahrscheinlich war, so konnte der Planet nach einem Zwischenraum von 10 oder 11 Monaten einen bedeutend andern Stand haben, als die Kreisbahn ergab, und die Schwierigkeit, einen so kleinen Stern aufzufinden, wenn man seinen Ort nicht einmal bis auf einige Grade genau kannte, ließ besorgen, daß der Planet ganz wieder verloren gehen möchte. Es war daher von der größten Wichtigkeit, daß Gauß den Gedanken faßte, selbst eine so kurze Beobachtungsreihe, vorausgesetzt, daß die Beobachtungen sehr genau wären, müsse hinreichen, um die Bahn ganz zu bestimmen, wenigstens genau genug, um den verloren geglaubten Planeten wieder aufzufinden. Er entdeckte eine Methode, um diese Bestimmung der Bahn leichter und genauer, als man es bis dahin aus Beobachtung eines so kleinen Theiles der Bahn konnte, zu berechnen, und gab, nachdem er sich von der vorzüglichen Genauigkeit der Beobachtungen Piazzi's überzeugt hatte, die wahre Bahn des Planeten, den Piazzi Ceres genannt hatte, an. Nach dieser Bahn waren die Orte berechnet, wo der Planet im December 1801 und Januar 1802 erscheinen mußte, und Olbers, der nach Angabe dieser Vorausberechnung den Himmel in der Gegend des Planeten durchmusterte, entdeckte die Ceres am 1. Januar 1802 zum zweiten Male. Er hatte nämlich an diesem Tage die kleinen Sterne um den Ort des Planeten in eine Charte eingetragen, und da einer seinen Ort gegen die übrigen Sterne am 2. Jan. geändert hatte, so war

der Planet nun wieder aufgefunden, und konnte leicht weiter verfolgt werden. *)

Die Astronomen hatten sich noch kaum mit diesem einen neuen Planeten recht bekannt gemacht, als Olbers einen zweiten, den er Pallas nannte, entdeckte. Nachdem er nämlich am 28. März 1802 die Ceres beobachtet hatte, und die Sterne in der benachbarten Gegend sorgfältig beobachtete, um die Ceres desto leichter unter ihnen wieder zu erkennen, bemerkte er fast genau an eben der Stelle, wo er vor drei Monaten die Ceres fand, einen Stern siebenter Größe, der sich damals an dieser Stelle, nahe bei zwei bekannten Sternen, nicht befunden hatte. Schon an diesem Abend zeigten dreistündige Beobachtungen mit dem Micrometer, daß der neue Stern ein wenig fortrücke, am folgenden Abend hatte er seine Stelle um 20 Minuten verändert; — es war also ein zweiter neuer Planet. Dieser Planet war erst drei Wochen beobachtet, als Gauß schon mit großer Genauigkeit seine Bahn bestimmte, und dadurch die, durch alle folgende Beobachtung bestätigte, Behauptung, daß dieser Planet fast eben die Umlaufszeit wie die Ceres habe, aber in einer mehr elliptischen und mehr gegen die Ecliptik geneigten Bahn sich bewege, schon völlig außer Zweifel setzte. Diese analytisch-geometrische Entdeckung, daß man aus einem so kleinen beobachteten Bogen die Bahn bestimmen könne, setzte die Astronomen und Mathematiker fast noch mehr in Erstaunen, als die Entdeckung der neuen Himmelskörper selbst, und man erkannte es mit Bewunderung, daß Deutschland in Gauß einen Mathematiker besitze, der mit Laplace und Lagrange einen gleichen Rang einnehme.

Auf ganz ähnliche Weise, wie Piazzi, entdeckte Harding am 1. Sept. 1804 den dritten neuen Planeten, Juno, indem er bei einer Revision der am 1. Sept. in seine Charte eingetragnen Sterne, am 4. Sept. den einen nicht wieder

*) Von Zach hatte schon im December bei der Durchsuchung dieser Gegend einen Stern gesehen, der nachher als Ceres erkannt wurde; aber dunkler Himmel hinderte ihn, seine Entdeckung zu vollenden.

fand, sondern ihn an einer andern Stelle bemerkte, und sich nun von der eignen Bewegung desselben weiter überzeugte. Und endlich fügte eine neue von Olbers gemachte Entdeckung noch den vierten Planeten, Vesta, zu diesen hinzu. Die Entdeckung dieses letzten war kein Zufall, sondern da die Bahnen der drei schon bekannten Planetchen Olbers zu der Vermuthung führten, daß diese Körper, wenn es ihrer noch mehrere, in ziemlich gleichen Bahnen laufend, gebe, wohl alle durch den nordwestlichen Theil der Jungfrau gehen möchten, so beobachtete er diese Gegend oft und sorgfältig, und fand, bei einer solchen Durchmusterung des nördlichen Flügels der Jungfrau am 29. März 1807, einen unbekannten Stern sechster Größe, der sonst dort nicht gestanden hatte; er hielt ihn sogleich für einen neuen Planeten, und überzeugte sich, durch die eigne Bewegung desselben, daß er sich nicht geirrt habe.

Alle diese vier Planeten laufen in Bahnen, die nicht sehr weit von einander liegen, um die Sonne; und obgleich die Vesta einen erheblich geringern Abstand als die übrigen hat, und deshalb ihre Umläufe schneller vollendet, so kann man doch den Gedanken an einen gemeinschaftlichen Ursprung dieser Planeten nicht ganz unangemessen finden. Was die Bahnen der Ceres und Pallas betrifft, so ist es höchst merkwürdig, daß diese sich in einem Punkte, nämlich da, wo die Pallas von der Nordseite der Ceresbahn auf die Südseite übergeht, einander sehr nahe sind, und sich wahrscheinlich ehemals durchschnitten haben, und auch künftig einmal, wegen der Aenderung der Lage der Sonnenferne, sich wieder schneiden werden. In Rücksicht auf die Zukunft ist dieser Umstand für die ungestörte Bewegung beider Planeten von keinem Einfluß, indem die Planeten in allen andern Punkten ihrer Bahn ungestört bei einander vorbei laufen können, und der Fall, daß ihre Ankunft in der Nähe jenes Durchschnittspunktes auf dieselbe Zeit träfe, durchaus unwahrscheinlich ist. Aber in Hinsicht auf die Vergangenheit führt dieser Durchschnittspunkt der Bahnen zu dem Gedanken, daß beide Planeten einmal, vielleicht vor Jahrtausenden, gleichzeitig von diesem Punkte ausgegangen sind, also vielleicht ihr Entstehen der Zerstörung eines größern

Untersuchungen

über

die wahre Bewegung

der Erde und der Himmelskörper.

Theorische und physische Astronomie.

gleich gut zurückwerfen. Pallas ist noch kleiner. Nach diesen Bestimmungen ist der Durchmesser der Ceres (nach Herschel) 35 Meilen, der Durchmesser des Pallas zwischen 25 und 30 Meilen, Juno etwa eben so groß, und Vesta hat selbst nach Schröters Beobachtungen einen sehr kleinen Durchmesser. Hiernach könnten wir keinem dieser Planeten einen Durchmesser, der auch nur $\frac{1}{8}$ des Monddurchmessers betrüge, beilegen, und die körperliche Größe eines dieser Planeten würde kaum mehr als einige Tausendtel der Größe des Mondes betragen.

Unter diesen kleinen Planeten zeichnet Vesta sich durch ein ungemein glänzendes Licht aus, so daß Schröter nicht abgeneigt ist, ihr ein eigenthümliches, nicht bloß von Erleuchtung durch die Sonne hervorgehendes Licht beizulegen. Ceres und Pallas zeigen einen veränderlichen Glanz, und scheinen Atmosphären um sich zu haben, die sehr ausgedehnt sind, und uns bald mehr bald minder die festen Körper dieser Planeten verhüllen. In dieser Atmosphäre scheinen bald Aufheiterungen, bald Verdichtungen statt zu finden, und daher der oft schnelle Wechsel der Erscheinungen zu entstehen. Sie zeigen sich nämlich zuweilen mit trübem, neblichem Lichte, zuweilen heitrer aber kleiner, vermuthlich dann, wenn der Nebel weniger Licht zurückwirft, und uns die Körper der Planeten selbst sehen läßt. Juno scheint mit weniger Nebel umgeben zu seyn, zeigt aber dennoch gleichfalls Lichtwechsel.

Die große Verschiedenheit, welche zwischen den ältern Planeten und den beiden ersten dieser neu entdeckten Planeten statt zu finden schien, veranlaßte Herschel, diese mit dem besondern Namen, Asteroiden, zu belegen; aber obgleich allerdings die Bahn der Pallas viel elliptischer und mehr gegen die Ecliptik geneigt ist, als die irgend eines andern Planeten, so liegt doch weder darin, noch in dem etwas neblichen Ansehn der Ceres und Pallas, ein Grund, um einen neuen Namen einzuführen, und das jetzt um so weniger, da die Vesta sich den übrigen Planeten viel ähnlicher zeigt, und doch offenbar mit Ceres und Pallas in eine Classe gehört.

Fünf und dreißigste Vorlesung.

Der Planet, m. h. H., zu dessen Beobachtung ich Sie jetzt hinüberführe, bietet schon bei einer oberflächlichen, durch Fernröhre angestellten Beobachtung, einen so unterhaltenden Anblick dar, daß ich nicht unterlassen darf, Sie zur eignen Beobachtung desselben aufzufordern. Nicht nur nimmt man schon mit mittelmäßigen Fernröhren ungleich erleuchtete Streifen auf ihm wahr, sondern, ganz vorzüglich unterhaltend und belehrend wird die Beobachtung des Jupiter dadurch, daß die schnell sich ändernde gegenseitige Stellung seiner vier Monde uns in wenigen Stunden Bewegungen der Himmelskörper wahrnehmen läßt. Diese Monde vollenden ihre Umläufe ziemlich schnell, und man sieht daher in sehr kurzer Zeit, wie einer oder der andre sich vom Hauptplaneten entfernt, bei dem andern Monde vorbei rückt, vom Schatten des Jupiter verfinstert wird, oder vor dem Planeten vorbeigehend, nicht nur selbst uns auf der Scheibe des Planeten erscheint, sondern auch einen uns mit bessern Instrumenten deutlich kenntlichen Schatten wirft. In Hinsicht auf diese Veränderungen ist der Jupiter nächst dem Monde derjenige Gegenstand, der sich einem nur gelegentlich beobachtenden Freunde der Astronomie vorzüglich empfiehlt.

Aber so schön sich der Jupiter dem ersten Blicke durch ein gutes Fernrohr zeigt, so schwierig ist es dennoch, aus dem, was sich uns auf seiner Oberfläche darbietet, sichre Schlüsse über die eigentliche Beschaffenheit dieses Planeten zu ziehen. Die grauen Streifen, die man, als über die ganze Scheibe des Jupiter fortgehend, sehr leicht wahrnimmt, sind meistens so gleichförmig, daß es schon ausgezeichnet gute Instrumente fordert, um solche Verschiedenheiten in dem Lichte der einzelnen Gegenden des einen oder andern Streifens zu entdecken, daß man die Rotationsperiode des Jupiter daraus ableiten könnte.

In den meisten Fällen sieht man diese parallelen grauen Streifen, zwischen denen ein hellerer Streifen liegt, und die von den helleren, nach den Polen zu liegenden Gegenden, ebenfalls deutlich abgeschnitten erscheinen, so gleichförmig über den ganzen Planeten fortgezogen, daß man keinen kenntlichen Punkt in ihnen wahrnehmen kann, und es entweder den mit stärkeren Instrumenten ausgerüsteten Beobachtern überlassen, oder eine vorzüglich günstige Zeit abwarten muß, um die Umdrehungszeit zu bestimmen. Solche günstige Zeitpunkte giebt es zuweilen. Schröter zum Beispiel erwähnt einen Zeitpunkt, wo einer jener Streifen sich nicht durch die ganze Scheibe des Jupiter erstreckte, sondern sich so wie Tab. VII. Fig. 5. zeigt, plötzlich endigte, und da mußte es leicht seyn, die Rotation zu sehen. Ein eben so günstig sich auszeichnender Gegenstand mußte der von Cassini beobachtete Fleck seyn, welchen man öfter wiederkehren sah, und aus dessen Erscheinungen man schon im Jahr 1665 die Rotationszeit bestimmte.

Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen kennt man die Lage der Axe des Jupiter, und weiß, daß die Streifen seinem Aequator parallel sind, was auch daraus erhellt, daß man sie während der ganzen Umdrehungszeit immer eben die Stelle auf dem Jupiter einnehmen sieht. Diesem Aequator fast parallel sind auch die Bahnen der Monde, und da wir uns immer nahe an der Ebne des Jupiters-Aequators befinden, welcher wenig gegen die Erdbahn geneigt ist, so scheinen die Monde beinahe in einer mit den Streifen parallel laufenden Linie hin und her zu gehen, sich bald dem Hauptplaneten zu nähern, vor ihm oder hinter ihm vorbei zu gehen, sich auf der andern Seite zu entfernen, zurückkehrend wieder zu ihm zu kommen und so weiter. Die Monde sind deshalb in den meisten Fällen leicht von Fixsternen zu unterscheiden, weil sie beinahe genau in einer geraden Linie stehen.

Die schnelle Umdrehung des Jupiter, die, bei der sehr ansehnlichen Größe dieses Planeten, auf seinem Aequator eine sehr große Schwungkraft hervorbringen muß, ist Ursache der starken Abplattung, die ich schon früher erwähnt habe; und schon daran, daß der größte Durchmesser mit der Richtung

der Streifen übereinstimmt, kann man erkennen, daß diese mit der Richtung des Aequators parallel sind.

Dieser Umstand, daß die Streifen vollständige Gürtel um den ganzen Planeten bilden, kann uns bei der Frage, was sie ihrer eigentlichen Natur nach seyn mögen, einigermaaßen leiten, obgleich freilich auch nur so fern, als wir uns an ähnliche Erscheinungen auf der Erde halten. Weder unsre Länder noch Meere, nicht die Bergketten auf der Erde, ja nicht einmal die Afrikanischen Wüsten, die noch am meisten als durch Parallelkreise begrenzt angegeben werden könnten, stellen solche Gürtel um die ganze Erde dar; aber daß die Wolkendecken zu gewissen Jahreszeiten gar wohl solche, wenn auch nicht gerade ganz ununterbrochene, doch wenigstens dem Erd-Aequator parallele Gürtel bilden mögen, habe ich schon neulich erwähnt. Auch auf dem Mars kommen ähnliche atmosphärische Streifen, aber, so wie auf der Erde, unterbrochen und veränderlich, vor, und so mögen auch die Jupitersstreifen atmosphärische Erscheinungen seyn.

Merkwürdig ist es, daß diese Wolkenstreifen auf dem Jupiter so sehr constant sind, statt daß sich auf der Erde und dem Mars nur veränderliche und unvollkommene Wolkenzonen bilden, und Venus und Mercurius nur schwache Spuren ähnlicher Streifen zeigen. Man kann hieran vielleicht nicht ganz mit Unrecht die Vermuthung knüpfen, daß auf den der Sonne näheren Planeten keine einzelne Jahreszeit Dauer genug besitze, um einen recht bestimmten Character zu erhalten, und daß die lange Dauer eines Jahres auf dem Jupiter keinen so schnellen Wechsel der Erscheinungen, wie bei uns, zulasse. Dabei ist nun auch das noch zu bemerken, daß auf dem Jupiter überhaupt nur eine geringe Ungleichheit der Tageslänge und der Mittagshöhe der Sonne an einem bestimmten Orte statt finden kann; denn da die Axe des Jupiter beinahe senkrecht auf seiner Bahn ist, oder, nach unsrer Art zu reden, die Schiefe der Ecliptik nur wenige Grade beträgt, so giebt es um jeden Pol nur eine sehr kleine Polarzone, welcher zu gewissen Zeiten die Sonne mehrere Tage lang nicht aufgeht oder nicht untergeht, und auch die Zone, wo die Sonne bis

richtig und genau war, so dient jede Beobachtung zur Prüfung der Hypothese, und da, wo lange Reihen von Beobachtungen ganz genau mit den Berechnungen übereinstimmen, da werden wir immer mehr überzeugt, daß die Hypothese, auf welche die Rechnung gegründet ist, Wahrheit enthalte.

Dieses wird wohl genug seyn, um zu zeigen, daß wir nicht besorgen dürfen, durch Hypothesen irre geleitet zu werden, so bald wir uns vorsetzen, ihnen nur da, wo eine so strenge Wachsamkeit es gestattet, zu folgen; und Sie werden jene Besorgniß gewiß ganz aufgeben, wenn Sie nach und nach mit dem Gebrauche vertraut werden, welchen die Astronomie, die in dieser Hinsicht allen Wissenschaften als Muster empfohlen werden kann, von den Hypothesen macht.

Die erste Hypothese, die wir näher zu betrachten veranlaßt sind, ist die, ob es nicht eine Bewegung der Erde sey, durch welche die Erscheinung der täglichen Umdrehung der Himmelskugel hervorgebracht wird? — Wenn die Erdkugel sich um ihre Axe drehte, so würde sich uns, wofern wir diese Bewegung nicht empfinden, die Erscheinung der uns umgebenden Körper eben so darstellen, als ob diese einen Kreislauf um die Erde vollendeten, und aus dieser Ueberlegung bildet sich die Hypothese, es sey wohl wirklich nur eine Rotation der Erde um ihre Axe, durch welche die Phänomene der täglichen Bewegung der Gestirne hervorgebracht werden.

Schon ganz gewöhnliche Erfahrungen zeigen uns, daß wir sehr oft geneigt sind, den Gegenständen Bewegung beizulegen, die in der That ruhen, wenn wir die Bewegung, die uns selbst ertheilt ist, nicht bemerken oder vergessen. Selbst wenn wir im Wagen sitzend durch Stöße und Schwanken unaufhörlich erinnert werden, daß wir selbst mit bedeutender Schnelligkeit fortgeführt werden, können wir es uns nicht ableugnen, daß die hinter uns zurückbleibenden Bäume, am Wagen vorbeizulaufen scheinen, und daß unsere eigene Bewegung vorwärts sich in eine scheinbare, nach der entgegengesetzten Richtung gehende Bewegung der uns nahen Gegenstände, verwandelte. Fast noch überraschender ist dieser Schein, wenn wir uns auf einem Schiffe befinden, während

dieses plötzlich gedreht wird. Es ist bekannt, daß durch eine Wendung des Steuers, die der in der Mitte des Schiffes stehende Beobachter gar nicht bemerkt, das Schiff sehr schnell in eine andere Richtung gebracht werden, oder um eine Axe gedreht werden kann. Der Reisende, der auf diese Erscheinung, deren Ursache sich ihm gar nicht kenntlich macht, nicht vorbereitet ist, hat während dieser Drehung des Schiffes ganz genau die Erscheinung vor sich, als ob die Gegenstände am Ufer oder die ihm sichtbaren, nahen oder entfernten Schiffe alle gemeinschaftlich einen Kreislauf um ihn anfingen, und wenn das Schiff, auf welchem er sich befindet, unaufhörlich sich so um seine Axe drehte, so würden Ufer und Schiffe um unsern Beobachter eben so gut fortwährend ihre Kreislaufe zu vollenden scheinen, während ihre Stellungen gegen einander unverändert bleiben, wie wir es an den Himmelskörpern in ihrem täglichen Kreislaufe sehen. So dienen also schon ganz gewöhnliche Erfahrungen, uns in der Meinung zu bestärken, daß es wohl die Erde seyn könne, die durch ihre Axendrehung oder Rotation zu dem Scheine, als machten alle Himmelskörper täglich einen Umlauf um uns, Veranlassung giebt. Diese Meinung erhält noch mehr Bestätigung, wenn wir sie sorgfältiger betrachten. Die Erde schwebt frei im Weltraume, und ist von allen Seiten mit jenen leuchtenden Gestirnen, die wir wegen ihrer sehr großen Entfernung als große Weltkörper anzusehen, Grund genug haben, umgeben. Wenn diese Weltkörper ihre Stellung unverändert behielten, die Erde aber drehte sich um die Axe AB (Fig. 33.), so würde ein Beobachter in E auf dem Kreise ED nach D fortgeführt, und es läßt sich leicht übersehen, wie ihm die Sterne fortzurücken scheinen müßten. Der Beobachter befindet sich genau in demselben Verhältnisse gegen die, die Erde umgebenden Gestirne, als wenn er auf der Erde, auf demselben Parallelkreise bleibend, fortreiste. Wir haben schon früher gesehen, daß allen denjenigen Bewohnern der Erde, die sich auf einerlei Parallelkreise befinden, der Pol des Himmels gleich hoch über dem Horizonte erscheint, oder daß sie einerlei Polhöhe haben; auch unserm Reisenden also bleibt

der Himmels-Pol in immer gleicher Höhe über dem Horizonte, und es läßt sich leicht zeigen, daß die Sterne alle sich ihm um diesen Punkt zu bewegen scheinen. Wendet er nämlich sein Auge gegen Norden, so sieht er, während er in E ist, diejenigen Sterne im Meridian, die in der durch E und AB gelegten Ebne sind; aber wenn er nach H gekommen ist, so sind es andere Sterne die in seinem Meridian stehen, und wenn er nach Osten fortgegangen ist, so hat er die vorhin im Meridian erscheinenden Sterne westlich hinter sich zurückgelassen; da sie aber immer noch eben so weit vom Pole entfernt erscheinen, weil sie zu entfernt sind, als daß die Aenderung der Stellung des Beobachters in jenem Abstande eine Aenderung hervorbringen könnte, so sieht man sie einen Kreis um den Pol beschreiben. Irgend ein Stern erschien dem Beobachter in E nach der Richtung EK, also unterhalb des Poles, weil EL den nördlichen Horizont, EG die Richtung nach dem Pole bezeichnet; eben der Stern erscheint dem Beobachter in D nach der Richtung DM, wenn DM mit EK parallel ist, und nun sieht der Beobachter ihn also über dem Pole, weil die Linie DF, die den Pol trifft, weniger gegen den nördlichen Horizont DN geneigt ist, als DM. Jener Stern hat also einen halben Kreis um den Pol durchlaufen, während der Beobachter von E nach D gelangt, und durchläuft die andere Hälfte seines Kreises, während der Beobachter auf der andern Seite der Erde von D nach E fortgeht.

Es läßt sich leicht übersehen, daß ähnliche Betrachtungen in Beziehung auf jeden Stern gelten, und wenn man sich genau die Vorstellung entwickelt, wie in einem bestimmten Augenblicke die Bewohner verschiedener Gegenden der Erde den Sternenhimmel sehen, und nun den Beobachter nach und nach in diese Standpunkte versetzt, die er auf einerlei Parallelkreise in dem Verlauf von 24 Stunden erreicht, so findet man, daß Aufgang und Untergang der Gestirne und die ganze Umdrehung der Himmelskugel sich ihm so zeigen muß, wie wir sie wirklich beobachten, daß der auf dem Aequator wohnende Beobachter immer beide Pole im Horizonte sieht, und

nach 12 Stunden genau alle die Sterne über seinem Horizonte hat, die vor 12 Stunden unter dem Horizonte waren; daß der auf dem Pole A der Erde stehende Beobachter immer den Pol des Himmels im Zenith und immer einerlei Sterne über dem Horizonte sieht, die aber, indem die Erde sich dreht, nach und nach über die auf der Erde sichtbaren Gegenstände fortzurücken scheinen u. s. w.

Die täglichen Erscheinungen des Himmels oder diejenigen Erscheinungen, die wir bisher einer Umdrehung der Sternenkugel zuzuschreiben, geneigt waren, lassen sich also eben so gut aus einer gleichförmig schnellen Umdrehung der Erde selbst erklären; und da die täglich gleiche Wiederkehr der Erscheinungen eine unveränderliche Lage der Erdaxe voraussetzt, die Erde sich also unaufhörlich um dieselbe Axe dreht: so können wir nun mit allem Rechte die Punkte der Erdoberfläche, welche bei dieser Rotation ruhend bleiben, Pole der Erde nennen, und den größten Kreis, der von beiden Polen gleich entfernt ist, den Aequator der Erde.

Die Behauptung, daß die Erde sich um ihre Axe drehe, hat zwar zu manchen Einwürfen Veranlassung gegeben, aber diese beruhten auf unrichtigen Vorstellungen und lassen sich leicht widerlegen. Man glaubte nämlich darin, daß auch die mit der Erde nicht fest verbundenen Körper, der frei fallende Stein, der fliegende Vogel, uns in eben den Verhältnissen zur Erde erscheinen, wie es bei ruhender Erde der Fall seyn würde, Gründe gegen diese Bewegung zu finden; aber man bedachte nicht, daß alle diese Körper Theil an der Bewegung der Erde nehmen, und deshalb sie so begleiten, wie es die Erfahrung zeigt. Da diese Einwürfe selbst in neuern Zeiten öfter wiederholt sind, so werden Sie mir erlauben, einige Augenblicke bei denselben zu verweilen.

Der Einwurf, daß der fallende Stein nicht am Fuße des Thurmes ankommen könne, von dessen Spitze er herabfällt, sondern daß der Thurm ihm sehr weit nach Osten hin voreilen müsse, da sich ja die Erde ostwärts fortdrehe, läßt sich sehr leicht beantworten. Es ist nämlich offenbar, daß der an der Spitze des Thurms festgehaltene Stein ganz die

zu verstärken. Die Gegenden, welche uns im Rande erscheinen, sehen zu gleicher Zeit auch die Sonne nahe am Horizont, weil die uns zugekehrte Seite beinahe auch gegen die Sonne gewandt ist, und die matte Erleuchtung dieser Flächentheile, welche aller Wahrscheinlichkeit nach ein durch die Jupiters-Atmosphäre sehr geschwächtes Licht erhalten, wird uns, indem wir den Rand des Jupiter betrachten, merklich. Man bemerkt dieses am Rande schwächere Licht überhaupt leicht, aber erkennt den Unterschied auch daran besonders, daß ein vor dem Jupiter vorbeigehender Jupitersmond sich glänzender in Vergleichung gegen den Planeten zeigt, so lange er dem Rande nahe ist.

Noch eine Erscheinung muß ich erwähnen, die auf ungleiche Strahlenbrechung in der Atmosphäre des Jupiter hindeutet; und diese an sich vielleicht wenig merkwürdige Beobachtung mag Ihnen als Beweis dienen, wie manche Fragen, die sehr schwierig scheinen, doch durch sorgfältige Beobachtungen wohl ihre Beantwortung finden könnten. Schröter beobachtete nämlich mehrmals eine zwischen dem Aequator und dem Südpole liegende unregelmäßige Abflächung des Randes, die nicht dem Planeten selbst eigen seyn konnte, weil sie keinesweges, der Rotationszeit angemessen, regelmäßig wiederkehrte. Es bleibt zwar ungewiß, ob wir sie aus ungleicher Strahlenbrechung erklären dürfen; aber nach unsrer terrestrischen Physik ist es wenigstens denkbar, daß in der Gegend, wo der Rand sich abgeflächter als der Kreis zeigte, eine schwächere Brechung der Strahlen in der Jupiters-Atmosphäre statt fand. Nehme ich an, an dieser Stelle habe gar keine Strahlenbrechung in der Atmosphäre B D statt gefunden, (Tab. VII. Fig. 4.) so kam von dieser Stelle des Randes der Lichtstrahl so wie B A zu uns und K A B war hier der scheinbare Halbmesser, statt daß bei dem gewöhnlichen Zustande der Jupiters-Atmosphäre der Lichtstrahl, so wie E D A gebrochen zu uns kömmt, und der scheinbare Halbmesser dem Winkel K A D entspricht. War also in den benachbarten Gegenden der natürliche Zustand, so mußte da, wo die Refraction sehr schwach war, ein Stück der Scheibe zu fehlen, gleichsam abgeschnitten zu seyn scheinen.

Obgleich aber, wie Sie hier abermals übersehen, unsre Kenntnisse von dem, was auf der Oberfläche andrer Planeten sich ereignet, und von den Phänomenen der dort wirkenden Naturkräfte, so ungemein geringe sind: so können wir doch von einigen Erscheinungen, die sich dort unserm Auge darbieten würden, bestimmt reden, und sie als ein Beispiel, wie verschieden sich die Phänomene auf den verschiedenen Planeten zeigen, anführen. Der Jupiter besitzt vier Monde, und diese müssen durch ihre schnell wechselnden Stellungen weit mehr als es unser Mond thut, selbst den gewöhnlichen Beobachter zur Kenntniß der himmlischen Bewegungen hinführen. Auf der Erde giebt es, namentlich unter den Städtebewohnern, die den Himmel selten sehen können, und daher auch alles Interesse an den himmlischen Erscheinungen zu verlieren pflegen, viele, die nie beachtet haben, daß der Mond heute bei einem andern Sterne als gestern steht; aber diese sogar würden wohl aufmerksam werden, wenn vier Monde am Himmel ständen, und der eine an dem andern vorbei rückend, nach wenigen Stunden eine ganz andre Stellung einnähme. Dieses aber ist auf dem Jupiter der Fall. Der nächste seiner Monde gebraucht nur etwas mehr als vier Jupiterstage zu einem Umlauf um den Jupiter, und wenn er also einmal mit dem entferntesten der Monde zugleich aufgeht, so hat er sich schon beim Untergange um mehr als 30 Grade von ihm entfernt, und der schnelle Wechsel der Stellungen, den wir schon aus unserm entfernten Standpunkte mit Vergnügen beobachten, muß sich dort noch viel anziehender zeigen.

Daß diese Monde eben so die Erscheinungen des wachsenden und abnehmenden Mondes zeigen müssen, wie wir sie kennen, werden Sie leicht übersehen. Stehen die Monde nahe bei einander, so sind sie in einerlei Phase; aber wenn der nächste und der entfernteste an einem Abend beide als Vollmond aufgehen, so hat sich der nächste gegen die Zeit seines Unterganges schon stark dem letzten Viertel genähert, während der entferntere noch beinahe voll erscheint. Und so können alle vier Monde bald alle gleich, bald in den verschiedensten Phasen zugleich am Himmel stehen.

Diese vier Monde müssen, da sie vom Jupiter doch ziemlich groß erscheinen, vorzüglich wenn sie alle dem Vollmond nahe sind, eine starke nächtliche Erleuchtung auf dem Jupiter bewirken, statt daß die Erleuchtung durch die Sonne viel schwächer als bei uns seyn muß, da diese dort nur ungefähr 6 Minuten im scheinbaren Durchmesser hat, und nur etwa $\frac{1}{25}$ der Erleuchtung gewährt, welche sie uns schenkt.

Daß diese Monde gewissen Gegenden des Jupiter oft das Phänomen der Sonnenfinsternisse zeigen, ist nicht allein aus der Stellung dieser Monde gewiß, sondern wir sehen es auch sogar, wenn einer der Monde vor dem Jupiter vorbeigeht, indem dann sein Schatten auf dem Planeten deutlich wahrgenommen wird. Diese Sonnenfinsternisse werden aber immer nur in sehr beschränkten Gegenden des Jupiter sichtbar seyn können, und besonders wenn der nächste Mond sie hervorbringt, muß eine geringe Aenderung in dem Orte des Beobachters auf die Erscheinung einen großen Einfluß haben, weil die Parallaxe aller Monde, vorzüglich aber die des nächsten, sehr groß ist. Die so sehr oft eintretenden Verfinsterungen der Trabanten selbst, die fast bei jeder Opposition durch den Schatten des Jupiter gehen, werde ich schon bei einer andern Gelegenheit erwähnt haben.

Diese Monde wurden sogleich, als man die neu entdeckten Fernröhre auf den Himmel richtete, von G a l i l ä i und S i m o n M a r i u s, entdeckt, und wirklich zeigen sie sich auch schon mit geringen Vergrößerungen sehr deutlich, und es hat mehrere Menschen gegeben, welche sie mit bloßen Augen zu sehen glaubten. In stark vergrößernden Fernröhren zeigen sie sich als kleine Scheibchen, und man hat daher auch ihre scheinbare und wahre Größe durch Hülfe der Micrometer bestimmt, und kann das hier um so leichter, da die Irradiation, durch welche sonst das Bild kleiner sehr heller Gegenstände im Auge zu groß wird, dann ganz wegfällt, wenn diese Monde nahe an, oder sogar auf dem Jupiter selbst erscheinen. Diese Messung der Monde selbst, die Messung des Schattens, den sie auf den Jupiter werfen, und endlich die Zeit, welche der kleine Mond, beim Vorübergange vor seinem Hauptplaneten zum Ein-

tritte und Austritte gebraucht, haben uns sehr genau die Durchmesser der Jupiterstrabanten kennen gelehrt, und Schröters Abmessungen, von welchen Herschels Bestimmungen nicht erheblich abweichen, ergeben folgendes:

Größe der Monde des Jupiter.

	Durchm. in geogr. Meilen.	Körperliche Größe.	
Erster oder dem Jupiter nächster Mond . .	560	1¾	mal so groß als unser Mond.
Zweiter . .	460	1	
Dritter . .	820	5¼	
Vierter . .	570	1¾	

Struve findet den vierten größer, nämlich 680 Meilen im Durchmesser.

Diese Monde erscheinen also vom Jupiter aus unter folgenden scheinbaren Durchmessern: der erste 36 Minuten, der zweite 19 Minuten, der dritte 21 Minuten, der vierte 9 Minuten (oder vielleicht 10½ Min.). Aber da der Jupiter so ungemein groß ist, so muß, vorzüglich bei dem nächsten Monde, es sehr auffallend seyn, daß er größer erscheint, wenn er sich dem Zenith nähert, indem er im Zenith 44 Min., im Horizont nur 36 Min. scheinbaren Durchmesser hat.

Diese Monde haben mit unserm Monde darin eine merkwürdige Aehnlichkeit, daß auch sie immer dieselbe Seite gegen den Jupiter kehren. Sie wundern sich vielleicht, wie wir dieß von kleinen Körpern, die sich nur mit Mühe als kleine Scheibchen erkennen lassen, behaupten können; aber obgleich die Kleinheit dieser Körper uns nicht erlaubt, bestimmte Flecke auf ihnen zu erkennen, so ist es doch Schrötern sowohl als Herscheln gelungen, aus einem sehr gleichmäßigen Lichtwechsel der Jupiters-Monde jenen Schluß zu ziehen. Sie übersehen leicht, daß die Jupiters-Monde, wenn sie nicht in den Schatten des Jupiter eintreten, uns immer voll erleuchtet erscheinen, da unser geringer Abstand von der Sonne uns nicht gestattet, etwas von ihrer dunkeln Seite zu sehen; sie sollten

uns also, wenn der Jupiter in gleicher Entfernung von uns bleibt, immer gleich hell erscheinen. Das aber ist nicht der Fall, sondern wenn man einen dieser Monde oft wiederholt, während mehrerer Umläufe, beobachtet, so bemerkt man, daß sein hellstes und sein schwächstes Licht immer bei derselben Stellung gegen den Jupiter eintritt, zum Beispiel, daß der vierte Mond am hellsten erscheint, wenn er jenseits des Jupiters gestanden hat, und nun wieder anfängt, sich der Sonne zu nähern. Um diese Zeit sehen wir beinahe noch genau die gegen den Hauptplaneten gekehrte Seite, die also bei diesem Monde die hellste seyn muß. Diese Gleichförmigkeit der Lichtwechsel beobachtete Schröter bei elf ganzen Umläufen des vierten Mondes; auch bei mehrern Umläufen des dritten Mondes; und bei den beiden andern zeigten sie sich wenigstens sicher genug, um die Ueberzeugung zu geben, daß auch sie dem Planeten immer dieselbe Seite zuwenden. Die Lichtwechsel des vierten Mondes, der sich immer mit mildem, bläulichem Lichte zeigt, waren bei Schröters Beobachtungen so stark, daß er als der hellste unter den vier Monden erschien, wenn er jenseits des Jupiter stand, und als der dunkelste, wenn er sich diesseits des Jupiter befand, und ein wenig über die Conjunction hinaus war. Bei dieser Schwäche seines Lichtes zeigte er sich einmal, als er vor dem Jupiter vorüber ging, so dunkel, daß er auf dem Planeten als ein dunkler Fleck erschien, den man erst, als er nach dem Austritt sich in mattem Lichte, als ein ausgetretener Mond zeigte, für einen hellen Körper erkannte. Hier scheint also die vom Jupiter abgewandte Seite mit so dunkeln Flecken bedeckt zu seyn, daß der Mond sich, gegen den hellen Jupiter gesehen, als kaum irgend etwas Licht zurückwerfend zeigt, und erst auf dem dunklen Himmel als erleuchteter Körper, wiewohl mit schwachem Glanze, hervortritt. Dieselbe Erscheinung wurde bei mehrern Vorübergängen des vierten Mondes gesehen, und auch der dritte Mond zeigte beim Vorübergange ähnliche Flecken. Die drei dem Jupiter nächsten Monde zeigen gewöhnlich ein reines weißes Licht, und ihre Lichtwechsel sind nicht so auffallend, auch nicht so vollkommen regelmäßig. Es scheint, daß atmosphärische

auch hier wieder dienen, uns die Erscheinungen auf der Erde näher kennen zu lehren. Es sey AB ein Theil der Erde, und auf ihr eine Entfernung FG, die ich einem Grade gleich setzen will, durch genaue Abmessung bestimmt. Sie wissen, daß wir die Größe der Erde genau genug kennen, und in den Regeln der Feldmeßkunst Anleitung genug finden, um diese Messung wirklich anzustellen, und auch das ist Ihnen bekannt, daß die nach dem Zenith des Ortes G gerichtete Linie GE gegen die in F nach dem Zenith gerichtete Linie FC unter einem Winkel von einem Grade geneigt ist, wenn FG genau den 360. Theil des Umfangs der kugelförmigen Erde ausmacht. Indem wir also nun an beiden Orten unsere Aufmerksamkeit auf den Himmel richten, erwarten wir, daß die durch den Zenith des einen Ortes gehenden Sterne genau um einen Grad von denen abstehen, die durch den Zenith des andern Ortes gingen, und wenn die Beobachtung dieses nicht ganz so ergiebt, fragen wir, woher diese Abweichung entstehe. Da wir kein anderes Mittel, um unsere Instrumente gegen den Zenith zu richten, besitzen, als das Loth oder die Wasserwage, so ist es einleuchtend, daß die nach dem scheinbaren Zenith gezogne Linie, so wie IE an der einen, und so wie HC an der andern Seite des Berges, von der nach dem Mittelpunkte der Erde gerichteten, oder eigentlichen Verticallinie abweichen werde, wenn der Berg eine anziehende Kraft besitzt; diese beiden Linien CH, EI machen offenbar einen größern Winkel mit einander als es die wahren Verticallinien CF, EG, thun würden, und da wir an unsern Instrumenten den Stern als im Zenith erscheinend sehen, der sich in der Richtung des durch den Berg unrichtig bestimmten Lothes befindet, so ergiebt unsere Beobachtung einen größern Abstand zwischen dem Zenith des einen und des andern Ortes, als dem Abstande beider Orte auf der Erde gemäß ist. Beobachtungen, die man wirklich an Orten, die sich in einer solchen Lage befinden, angestellt hat, zeigen, daß sich in der That ein solcher Unterschied, der deutlich auf eine Attractionskraft der Berge hinweist, ergiebt.

Diese Erscheinung steht indeß nur in einer entfernteren Beziehung mit der Frage, welche wir uns zu behandeln vorgenommen hatten, nämlich ob denn die Erde, wenn sie ganz aus Wasser bestände, wegen der Umdrehung um ihre Axe eine von der Kugelform abweichende Gestalt annehmen würde. Es ist eine sehr bekannte Erfahrung, daß sich bei den im Kreise gedrehten Körpern eine Schwungkraft äußert, vermöge welcher sich jeder so bewegte Körper oder Theil des Körpers von dem Mittelpunkte der Drehung zu entfernen strebt. Die Kugel, die ich am Faden gehalten herumschwinge, dehnt den Faden aus und kann ihn sogar zerreissen, um dem Bestreben, ihre erlangte Bewegung geradlinigt fortzusetzen, Folge zu leisten; der Körper, den ich frei liegend auf einer Drehscheibe der drehenden Bewegung unterwerfe, bleibt nicht in dem ihm angewiesenen Abstande vom Mittelpunkte der Drehung, sondern entfernt sich von demselben; Wasser, das sich in einem Gefäße befindet, drängt sich gegen den Rand, wenn das Gefäß um eine verticale Axe gedreht wird. — So wie sich hier die Schwungkraft zeigt, als ein Bestreben der Körper, sich von dem Mittelpunkte der Drehung zu entfernen, so muß sie sich auch auf der Erde zeigen, wenn diese sich um die Axe FD (Fig. 37.) dreht, und wenn sie gleich hier nicht, wie bei den sehr schnell rotirenden Körpern auf der Drehscheibe, ein völliges Fortfliegen bewirken kann, weil die mächtige Anziehung der ganzen Erde dieses hindert, so bringt sie doch eine Verminderung der Schwere und dadurch eine Verringerung des Druckes der obern Wasserschichten auf die untern, vorzüglich unter dem Aequator hervor. Wenn die Erde ohne alle Bewegung wäre, so könnten wir das Gleichgewicht unter den einzelnen Theilchen uns so vorstellen: da jedes Theilchen gegen die Seite hin gezogen wird, wo sich die meiste Masse befindet, und daraus ein Zug gegen den Mittelpunkt der Kugel hervorgeht, so drückt jedes Theilchen B gegen den Mittelpunkt zu, und wenn wir uns alle, senkrecht über einander liegende Theilchen durch eine Röhre FE von den übrigen abgesondert denken, so wird die vereinigte Pressung aller in FE enthaltenen Theilchen im Mittelpunkte selbst einen gewissen

Druck hervorbringen, der in der ruhenden Wasserkugel von allen Seiten her gleich ist. Aber auf der um die Axe FD gedrehten Erde vermindert die Schwungkraft in sehr bedeutendem Maaße den Druck, welchen die in EC liegenden Theilchen auf einander und gegen den Mittelpunkt ausüben, und da eine ähnliche Einwirkung auf die in der Axe selbst liegenden Theilchen EF nicht statt findet, so ist durch die Schwungkraft das bis dahin statt findende Gleichgewicht zwischen Druck und Gegendruck in E aufgehoben, das Wasser FE würde, wenn es in einer Röhre FEC enthalten wäre, nach C zu hinübergehen, und nicht eher würde das Gleichgewicht eintreten, bis der Druck der größern Masse EC (Fig. 36.) dem Drucke der kleinern EB das Gleichgewicht hält. Daß etwas Aehnliches auch da statt finden wird, wo nicht zwei verbundene Röhren, wie BEC das Wasser einschließen, sondern die gesammte flüssige Masse sich dem Gleichgewichte gemäß zu ordnen sucht, läßt sich wohl leicht übersehen, indem auch da die Anschwellung des Wassers um den Aequator so viel betragen muß, als erforderlich ist, um den durch die Schwungkraft verminderten Druck der entfernt von der Axe liegenden Theilchen auszugleichen. So also folgt aus der Rotation der Erde nothwendig, daß ihre Axe kürzer als der Durchmesser ihres Aequators seyn muß, und es läßt sich sogar bestimmen, wie viel dieser Unterschied bei einem ganz aus Wasser bestehenden Körper betragen sollte, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit bekannt ist. Die wirklichen Messungen zeigen eine solche Abweichung der Erde von der Kugelgestalt, und sie deuten zugleich noch mehr an, als unsere auf die Hypothese einer Axendrehung gegründeten theoretischen Betrachtungen zu ergeben schienen. Diese nämlich, zuerst nur für einen durchaus flüssigen Körper eingerichtet, würden für einen solchen Körper, wie unsere Erde, auf welchem das Meer nur einen Theil der Oberfläche bedeckt, doch immer nur ergeben, daß das Wasser der großen Oceane um den Aequator höher stehen müsse, und würden uns über die Form des festen Landes nicht belehren; aber die Beobachtung zeigt, daß auch die festen Länder eine nicht sehr von dieser Figur

wie weit es noch vor, oder schon nach Mitternacht ist. Aber während so der Ring den Bewohnern der nördlichen Himmelsstriche eine schöne Erleuchtung in der Nacht darbietet, verdeckt er zu eben der Zeit den Bewohnern der südlichen Halbkugel mit einem dunkeln Gürtel die Gestirne, und einigen Gegenden ist selbst die Sonne am Tage hinter ihm verborgen. Indem nämlich die Sonne, nicht hoch über der Ebne des Ringes stehend, diesen erleuchtet, wirft der Ring einen Schatten auf den Saturn, und die Parallelkreise, auf welche er fällt, sehen in langer Zeit die Sonne gar nicht, sondern während sie sich in der Nachtseite des Saturn befinden, bemerken sie den Ring nur dadurch, daß er ihnen vom östlichen bis zum westlichen Horizonte eine ganze Reihe Sternbilder verdeckt, und am Tage macht er sich ihnen da, wo etwa eine erhellte Atmosphäre einiges Tageslicht zurückwirft, auch als ein dunkler Streifen kenntlich, und da, wo die Monate lang dauernde totale Sonnenfinsterniß gar kein Tageslicht hin gelangen läßt, mag sich Tag und Nacht wohl nicht sehr unterscheiden. Diesen Schatten, den der Ring auf den Saturn wirft, erkennen wir deutlich mit unsern Fernröhren, und es ist also nicht zu bezweifeln, daß der Ring wirklich ein dunkler Körper ist.

Der Ring wird mit dem Planeten so um die Sonne geführt, daß seine Ebne immer mit sich selbst parallel bleibt, und daher ist während der einen Hälfte des Saturn-Jahres die Nordseite, während der andern Hälfte die Südseite erleuchtet. Ganze 15 unsrer Jahre ist also die eine Seite des Ringes mit Nacht bedeckt; und, obgleich die Beschattung eines bestimmten Punktes auf dem Saturn nicht gerade ganz so lange dauert, weil der Schatten vom Frühlings-Anfange bis zum längsten Tage der nördlichen Halbkugel vom Aequator bis ziemlich zum Südpole hinrückt, so ist doch auch jene eben vorhin beschriebene, durch den Ring bewirkte, totale Sonnenfinsterniß für manche Gegend ungemein lange dauernd. — Welche Verschiedenheiten dadurch in dem Clima der einzelnen Zonen hervorgebracht werden mögen, können wir zwar gar nicht beurtheilen; aber uns würde es, nach der Naturbeschaf-

sondern es ist zureichend, zu bemerken, daß eine stärker wirkende Schwere nothwendig die Körper schneller zur Erde herabziehen muß, und daß daher auch die Bewegungen unsers gewöhnlichen Pendels unter ihrer Einwirkung, wenn man immer eben das Pendel anwendet, schneller seyn müssen. Da man die Zeit eines Pendelschlages sehr genau bestimmen kann, weil dieses mit der Uhr verbunden, uns die Gelegenheit die Anzahl der Pendelschläge zu zählen, darbietet, indem die Uhr, zum Beispiel bei Beobachtung zweier Meridiandurchgänge eines und desselben Sternes, selbst die Anzahl der die Zwischenzeit ausfüllenden Pendelschläge abzählt: so sind wir im Stande, wenn eben das Pendel in verschiedenen Weltgegenden gebraucht wird, die Ungleichheit in der Schwingungszeit sehr genau zu beobachten. Diese Schwingungszeit des Pendels ist größer in der Nähe des Aequators, die Bewegung also dort langsamer, und die Erfahrung bestätiget also die der Umdrehung der Erde gemäße Verminderung der Schwere, die um den Aequator statt findet. Diese Pendelbeobachtungen sind es vorzüglich, die nun auch durch eine umgekehrte Anordnung der Schlüsse, uns dienen, um die Figur der Erde zu bestimmen, indem, wie sich leicht übersehen läßt, theils die anziehende Kraft der ganzen Erdmasse anders ist, wenn der Durchmesser um den Aequator größer ist, theils die Schwungkraft desto mehr zur Verminderung der Schwere mitwirkt, je größer der Halbmesser des Aequators ist.

So ist also wohl die Behauptung, daß die Erde sich um eine in der Erdkugel unveränderlich bleibende Axe drehe, hinreichend erwiesen, und das, was anfangs nur als Hypothese angenommen wurde, durch sorgfältige Vergleichung dessen, was der Hypothese gemäß statt finden muß, mit dem was die Beobachtung ergiebt, als fest begründete Wahrheit anerkannt worden.

* *

Da die Betrachtung der Erscheinungen, welche die Schwere uns darbietet, uns auch zur Erklärung anderer höchst wichtiger

Erscheinungen im Weltgebäude hinüberführt, so will ich an die bisherigen Untersuchungen sogleich noch eine Reihe anderer Betrachtungen anknüpfen. Das Ziel, wohin diese uns führen sollen, ist die Beantwortung der Frage, warum denn der im Weltraume frei schwebende Mond, Kreisläufe um die Erde vollendet, und welche Kraft ihn in seiner Bahn erhält. Da wir nämlich jetzt wissen, daß die tägliche Bewegung aller Gestirne, vermöge welcher sie sich uns als aufgehend und untergehend zeigen, eine bloß scheinbare ist, so ist es wohl natürlich, daß unsere Aufmerksamkeit sich nun zunächst auf die eigne Bewegung der Gestirne und zuerst auf den Mond richtet, einen Weltkörper, der wie ich neulich gezeigt habe, uns so nahe ist, daß wir seine Entfernung abmessen können, einen Weltkörper, dessen eigne Bewegung ziemlich einfachen Gesetzen zu folgen scheint, indem er bei jedem Umlaufe um den Himmel einen größten Kreis durchläuft, und von dem wir daher berechtiget scheinen zu sagen, er vollende wirkliche Kreisläufe um die Erde.

Die Schwere zieht die nicht unterstützten Körper im freien Falle zur Erde herab, und je tiefer sie gefallen sind, desto schneller ist ihre Bewegung, desto heftiger sind die durch ihren Stoß hervorgebrachten Wirkungen. Scheint es gleich, als litte diese Regel bei den sehr leichten Körpern, die nämlich in Vergleichung mit ihrem Volumen ein geringes Gewicht haben, eine Ausnahme, so überzeugen wir uns doch bald, daß diese Ausnahme nur durch den Widerstand der Luft hervorgebracht wird, und daß die Schwere, die anziehende Kraft der Erde, auf alle Körper beschleunigend einwirkt. Die Erfahrung zeigt, daß der frei fallende Körper in zwei Secunden viermal so viel Raum als in 1 Secunde, in 3 Secunden neunmal so viel Raum als in einer Secunde durchläuft, und daß überhaupt der durchlaufene Weg den Quadratzahlen der Zeiten proportional ist. Dieses Gesetz des freien Fallens beruht darauf, weil die Kraft der Schwere auf den schon in Bewegung gesetzten Körper noch immer mit eben der Gewalt als während der Ruhe wirkt, bei größerer Geschwindigkeit des fallenden Körpers eben so sehr als bei ge-

kehrt waren, und also auf eine Rotation deuteten. Eine Rotationszeit von 10 Stunden 16 Minuten, entsprach am besten den Beobachtungen, und es ergab sich, daß nur eine Gegend auf dem Saturn war, wo die Streifen sich recht deutlich auszeichneten, zwei Gegenden aber, in denen eine Verwaschenheit und Undeutlichkeit statt fand. Die einzelnen Beobachtungen stimmten mit der ungleichen Schattierung der Gürtel, so wie Herschel sie hiernach annimmt, genügend überein, und man sieht hieraus, daß die Streifen während der zwei Monate keine erhebliche Veränderung erlitten, und daß die Umdrehungszeit sehr nahe richtig bestimmt seyn muß.

Unter Herschels übrigen Beobachtungen scheint mir die am merkwürdigsten, daß die beiden Polarzonen weniger glänzend erscheinen, wenn sie den Sonnenstrahlen lange ausgesetzt gewesen sind, als zur Zeit des dortigen Frühlings. Dieses scheint mit den am Mars angestellten Beobachtungen überein zu stimmen; aber freilich erinnert uns die von Herschel selbst gemachte Bemerkung, daß eine so kurze Beobachtungsreihe nicht hinreicht, um uns über ein solches Gesetz in den dortigen Erscheinungen zu belehren, an Vorsicht in unsern Schlüssen über eine Erscheinung, die erst durch mehrere Saturnsjahre fortgesetzt beobachtet werden müßte, um sie als sichern und regelmäßigen Erfolg der Jahrszeiten anzusehen. Herschel macht bei Gelegenheit dieser Beobachtungen eine lehrreiche Bemerkung über die Art, wie man die Verschiedenheit der Lichtstärke der einzelnen Theile eines Planeten untersuchen kann. Man nimmt nämlich für dasselbe Fernrohr nach und nach immer stärkere Vergrößerungen, und bemerkt nun, daß bei den sehr starken Vergrößerungen zuerst diejenigen Gegenden undeutlich zu werden anfangen, die wegen schwächern Lichtes keine so starke Vergrößerung ertragen, während die hellern Gegenden noch recht gut kenntlich bleiben. — Dadurch überzeugt man sich, welche Gegend am meisten Licht besitzt, und welche Gegenden an Lichtstärke einander gleich sind.

Daß jene Streifen atmosphärisch sind, läßt sich nach der

Uebereinstimmung mit den Streifen des Jupiter vermuthen; aber auch andre atmosphärische Erscheinungen, nämlich große, veränderliche Flecke von wolkigem Ansehen, bemerkte Herschel in den Polarzonen, und selbst einige Erscheinungen, die eine Strahlenbrechung verrathen. Zu diesen Erscheinungen gehört, daß die Saturnsmonde, wenn sie hinter den Planeten treten, oft sehr lange an seiner Scheibe zu hängen scheinen, wovon der Grund aus Tab. VII. Fig 7. erhellt. Geht nämlich der Saturnsmond auf seiner Bahn von b, nach k, e, f fort, so erscheint er dem in der Richtung b a stehenden Auge schon nahe an dem Rande g des Saturns A; bei dieser Stellung gelangt der Lichtstrahl, ohne noch merklich in die Atmospähre des Planeten einzudringen, in grader Richtung zum Auge; hat dagegen der Satellit die Stellung k oder e erreicht, so sollte er, bei gradlinigtem Fortgange der Lichtstrahlen, schon hinter dem Planeten verborgen seyn; aber da der Lichtstrahl in der Atmosphäre des Saturn gebrochen wird, so kann aus e, vielleicht selbst aus f noch, ein Lichtstrahl zum Auge gelangen, und der Trabant scheint, während der ganzen Zeit, die er gebraucht, von b nach f zu gelangen, immer noch am Rande des Saturn zu stehen. Vielleicht muß auch noch eine andre von Herschel beobachtete Erscheinung, nämlich eine Unregelmäßigkeit in der Figur des Saturn, aus einer zuweilen ungleich stark wirkenden Strahlenbrechung erklärt werden. Herschel fand nämlich, daß die Figur des Planeten sich nicht als reine Ellipse, sondern so wie Tab. VII. Fig. 8 zeigt, darstellte, daß nämlich die stärkste Krümmung nicht am Aequator, sondern etwa mitten zwischen Pol und Aequator lag. Herschels Vermuthung, daß die anziehende Kraft des Ringes dem Saturn diese von andern Planeten abweichende Gestalt gegeben habe, scheint durch Bessels rechnende Untersuchung widerlegt zu seyn, und es scheint daher der Mühe werth, zu fragen, ob nicht durch irgend einen Umstand bloß scheinbar jene Irregularität entstehen konnte. Schröters Beobachtung über eine zuweilen sichtbare unregelmäßige Abflächung des Jupiters-Randes leitet zu der Vermuthung, daß auch hier

die Strahlenbrechung jene Erscheinung veranlaßt habe; Hardings Beobachtung über die durch ungleichen Glanz hervorgebrachte Täuschung in Beziehung auf die Figur des Mars, läßt befürchten, daß eine solche Täuschung auch hier statt finden konnte; auch die Lage des Ringes, der etwa so wie a b sich vor dem Saturn zeigte, konnte eine Täuschung bewirken. — Welche dieser Vermuthungen die richtige sey, oder ob Saturn wirklich eine solche Form hat, ist noch nicht vollständiger untersucht. Daß eine Strahlenbrechung in der Atmosphäre des Saturn diese Erscheinung einer unregelmäßigen Gestalt bewirke, wird dadurch glaublich, daß nach Schröters Beobachtungen selbst zu der Zeit, als der Ring wenig sichtbar war, das Verhältniß zwischen der Axe und dem Aequatorsdurchmesser des Saturn sich nicht immer gleich fand; denn diese Ungleichheit würde sich durch eine bald stärkere, bald schwächere Strahlenbrechung wohl am besten erklären lassen.

Ich gehe jetzt zu den Monden des Saturn über, von denen ehmals nur fünf bekannt waren, deren aber nach Herschels Beobachtungen sieben vorhanden sind. Diese Monde sind, theils wegen ihrer großen Entfernung und dadurch bewirkten scheinbaren Kleinheit, theils wegen der starken Neigung ihrer Bahnen gegen die Ecliptik, schwerer als die Jupitersmonde zu beobachten; denn vermöge dieser Neigung stehen sie nicht so wie die Jupitersmonde in grader Linie, sondern können nach allen Seiten um den Planeten herumstehen, vorzüglich dann, wenn der Ring breit, und so, wie Fig. 6. ihn darstellt, erscheint.

Wenn man denjenigen Mond den ersten nennt, welcher dem Saturn am nächsten ist, so ist der sechste der zuerst entdeckte. Huyghens entdeckte ihn kurz nach der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts, und noch vor dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts entdeckte Cassini noch vier Monde, den siebenten zuerst, dann den fünften, und endlich den dritten und vierten. Zu diesen Entdeckungen fügte erst Herschel die Beobachtung zweier Monde hinzu, die ihre Bahnen näher am Saturn als jene durchlaufen; den zweiten hat auch

kenden Kräfte, angeben lassen, von welchen diese Verminderung der Bewegung abhängt.

Wir wollen jetzt den von A aus geworfenen Körper verfolgen, und den Weg zu bestimmen suchen, welchen er, indem die Schwere auf ihn wirkt, durchlaufen muß. Ohne Einwirkung der Schwere würde er auf seiner anfänglichen Richtungslinie AB in jeder Secunde gleiche Räume durchlaufen, also am Ende der zweiten Secunde in G, am Ende der dritten Secunde in B seyn, wenn AF den in der ersten Secunde durchlaufenen Weg bezeichnete; aber da die Schwere auf diesen bewegten Körper eben so wie auf den frei herabfallenden Körper wirkt, so sinkt er allmählig unter die Horizontallinie AB herab. Sein Fallen bringt ihn, genau wie beim freien Falle, in zwei Secunden viermal so tief als in einer Secunde, in 3 Secunden neunmal so tief als in einer Secunde, in 4 Secunden sechzehnmal so tief als in einer Secunde, unter die Horizontallinie AB herab, und wenn also FH oder AC dem Fallraume in der ersten Secunde gleich ist, wenn GI dem vierfachen, BK dem neunfachen Fallraume der ersten Secunde gleich ist, so sind H, I, K, die Punkte, in welchen der geworfene Körper am Ende der ersten, zweiten, dritten Secunde ankömmt. Da sein Fortrücken nach horizontaler Richtung in jeder Secunde gleich viel beträgt, sein Herabsinken unter diese Linie dagegen immer mehr zunimmt, so ist sein Weg keine gerade Linie, sondern eine krumme Linie, deren hohle Seite nach unten gekehrt ist, und die genaue Form dieser Linie, die die Wurflinie im leeren Raume heißen würde, ist offenbar vollkommen genau bestimmt. Will man sich mit den wenigen eben angegebenen Punkten nicht begnügen, so kann man leicht viel mehrere bestimmen, indem man zum Beispiel von f, wohin die horizontale Bewegung den Körper am Ende der ersten halben Secunde bringen würde, wenn Af die Hälfte von AF ist, die senkrechte Tiefe des Falls gleich dem vierten Theile von FH auftragen müßte, um den Ort, den der Körper wirklich nach einer halben Secunde erreicht hat, zu finden. Eben so könnte man für viele zwischenliegende Punkte verfahren.

Diese Wurflinie erhält eine verschiedene Gestalt, wenn die dem Körper anfangs ertheilte horizontale Geschwindigkeit eine andre ist. Da nämlich der Fallraum in einer gegebnen Zeit immer derselbe bleibt, so wird die Weite des Wurfes bei bestimmter Tiefe immer geringer werden, je kleiner die horizontale Geschwindigkeit war. Werden zwei Körper nach horizontaler Richtung so geworfen, daß der eine ohne Einwirkung der Schwere nach F, der andre nur nach f in der ersten Secunde gelangen würde, so fallen beide in dieser Zeit gleich tief, der eine bis H, der andre bis h herab, und H ist der Punkt, den jener, h ist der Punkt, den dieser am Ende der ersten Secunde erreicht. Eben so läßt sich für das Ende der zweiten Secunde schließen, wo der schneller geworfene die Verticallinie GI erreicht hat, während der andre sich in der durch F gezognen Verticallinie befindet, beide sind gleich tief gefallen, und jener hat den Punkt I, der andre den Punkt i erreicht.

Die bisherige Betrachtung setzte einen Wurf nach horizontaler Richtung voraus; aber auch bei andrer Richtung bleiben die Schlüsse dieselben. Es sey AB (Fig. 41.) die Richtung des anfänglichen Wurfes, und C, D, E, F bezeichnen die Punkte, wohin der Körper in einer Secunde, in zwei, in drei, in vier Secunden gelangen würde, wenn keine Schwere ihn herabzöge; dann erhellt wieder leicht, daß der Körper sich in den eben angegebnen Zeitpunkten in den Verticallinien CG, DH. EI, FK befinden muß, und daß er so tief als die Fallräume es fordern, unter die anfängliche Richtungslinie herabgesunken ist, also sich in G 15 Fuß unterhalb C am Ende der ersten Secunde befindet, nach H, 60 Fuß unter D, am Ende der zweiten Secunde, nach I, 135 Fuß unter E, am Ende der dritten Secunde gelangt, und so ferner.

Man kann die Betrachtung noch auf eine andre Weise führen, die wegen der folgenden Bestimmungen erwähnt zu werden verdient. Wenn man (Fig. 40.) die Wurflinie durch eine hinreichende Zahl richtig bestimmter Punkte gezogen hat, so ziehe man in dem Punkte H, den der Körper am Ende der ersten Secunde erreicht, eine Berührungslinie

hundert Jahren Cassini und Maraldi eben die Lichtwechsel an dem vom Saturn am meisten entfernten Monde wahrgenommen haben, und daß sein schwächstes Licht von Herschel und Schröter in eben dem Theile seiner Bahn beobachtet worden ist. Herschel zieht aus den Beobachtungen den Schluß, daß dieser Mond von dem größern Theile seiner Oberfläche sehr wenig Licht zurückwirft, daß er aber weder die hellste noch die dunkelste Seite ist, die er dem Saturn zuwendet, sondern etwas mehr von der dunkeln, als von der hellen Seite. Hier müssen wir also wohl annehmen, daß die Oberfläche des Mondes selbst von sehr ungleicher Beschaffenheit ist, und daß die bisher bemerkte Ungleichheit des Lichtes auch wohl fortwährend so beobachtet werden wird. Einzelne Ausnahmen von jener Regel hat man zwar zuweilen beobachtet; man hat nämlich zuweilen diesen Mond in dem Theile seiner Bahn ziemlich hell gesehen, wo er gewöhnlich dunkel erscheint; aber diese Aenderungen scheinen doch nur auf kurze Zeit durch Ursachen, die wir freilich nicht errathen können, einzutreten.

Die Größe dieser Monde ist noch nicht genau bekannt; Schröter bemerkt nur gelegentlich, daß der fünfte 260, der sechste 680 geographische Meilen im Durchmesser habe. Ein Gegenstand von 260 Meilen im Durchmesser, erscheint, wenn der Saturn uns am nächsten ist, etwa $\frac{1}{4}$ Secunde im Durchmesser, und es ist also eine sehr starke Vergrößerung und ein sehr lichtstarkes Instrument erforderlich, wenn er uns irgend als deutliche, meßbare Scheibe erscheinen soll.

Sieben und dreißigste Vorlesung.

Indem ich Sie heute, m. h. H., auf einen schon neulich erwähnten Gegenstand zurückführe, kann ich nicht unterlassen, Sie im Voraus aufmerksam auf die Schwierigkeiten zu machen, die sich uns so sehr oft entgegen stellen, wenn wir aus den Beobachtungen der Erscheinungen, die wir an sehr entfernten Gegenständen bemerken, Schlüsse ziehen wollen. Wir sehn einen glänzenden Gegenstand, wir glauben ihn abmessen zu können, und legen ihm darnach eine scheinbare Größe bei, und berechnen seine wirkliche Größe, so wie sie der Entfernung und der scheinbaren Größe gemäß seyn muß; aber wir sind keineswegs immer sicher, ob nicht der Glanz eines kleinen Gegenstandes ihn uns größer zeigt, als er wirklich ist, und alle Abmessungen können erst dann als zuverlässig gelten, wenn die Gestalt des beobachteten Gegenstandes deutlich erkannt werden kann. Diese zweifelnden Einwendungen selbst gegen die besten Beobachtungen, sobald sie sehr feine Gegenstände betreffen, glaubte ich vorausschicken zu müssen, um die durch Schröters Beobachtungen entstandene Streitfrage, ob der Ring des Saturn wirklich eine Umdrehungsperiode von wenigen Stunden habe, gehörig zu erörtern.

Doch ehe ich zu dieser Frage übergehe, muß ich Sie mit den Erscheinungen noch etwas näher bekannt machen, welche der Ring uns bei verschiedenen Stellungen des Saturn gegen die Erde und gegen die Sonne zeigt. Da der Ring ein breiter Körper von sehr geringer Dicke ist, so sehn wir ihn nur dann so wie Fig. 6. zeigt, wenn die Erde ziemlich von der Ebne des Ringes entfernt ist, oder wir, gleichsam höher stehend, auf die ebne Seite des Ringes herabsehn. Da aber der Saturn bei seinem Umlaufe um die Sonne, ganz so, wie es bei der Erde der Fall ist, bald die Sonne nördlich

einer Secunde Meilen weit fortzutreiben, denken, so ist es offenbar, daß wir uns diese gegen die Schwerkraft genau so abgemessen denken können, daß der horizontal geworfne Körper am Ende der ersten Minute in F, dem Mittelpunkte der Erde eben so nahe wäre, als anfangs in B. Freilich würde dazu, wenn der Körper nahe an der Oberfläche der Erde fortliefe, eine Geschwindigkeit von 24400 Fuß in der Secunde erfordert, weil erst in dieser ansehnlichen Entfernung die Berührungslinie der kugelförmigen Erdfläche, oder die scheinbare Horizontallinie, sich um 15 Fuß von der Oberfläche der Erde entfernt; aber dennoch wollen wir uns den Körper so schnell bewegt denken, und nun seine Bewegung sorgfältiger bestimmen. Die geometrische Betrachtung zeigt, daß für die nicht sehr weit von B entfernt liegenden Punkte I, D, der Berührungslinie, die Abstände vom Kreise sich so verhalten, daß der Abstand in I das Viertel des Abstandes DF ist, wenn BI die Hälfte von BD, daß dieser das Neuntel der DF ist, wenn BI das Drittel von BD ist, oder allgemein, daß diese Abstände der Berührungslinie vom Kreise dem Quadrate der auf der Tangente oder Berührungslinie genommenen Entfernungen proportional sind. Da wir nun auch wissen, daß die Schwere, wofern DF den Fallraum in einer Minute bezeichnet, den Körper in der ersten Hälfte der Minute durch ein Viertel dieses Raumes führt, so läßt sich leicht übersehen, daß der geworfne Körper auf dem ganzen Wege BD genau so von seiner geraden Richtung BD abgezogen wird, daß er den Kreisbogen BF verfolgt. Der Körper hat in F noch eben die horizontale Geschwindigkeit, welche er in B hatte; denn da die Schwere senkrecht gegen die Richtung der Bewegung wirkt, so trägt sie weder, wie beim fallenden Körper, zur Vermehrung der Geschwindigkeit, noch, wie beim steigenden Körper, zur Verminderung der Geschwindigkeit bei. Der Körper ist also in F abermals so anzusehen, als ob er mit eben der Geschwindigkeit, wie in B horizontal geworfen würde, und weicht von der Berührungslinie FL in eben der Zeit wieder eben so viel ab, durchläuft also den Kreisbogen FM aus eben den Gründen, die ich so eben erläutert habe; und so erhellt deutlich genug, daß er den ganzen Kreis-

lauf um die Erde mit ungeänderter Geschwindigkeit vollenden muß, wenn diejenigen Hindernisse der Bewegung, welche der Widerstand der Luft den auf der Erde geworfenen Körpern entgegen setzt, hier als nicht vorhanden angesehen werden.

Diese Ueberlegungen zeigen ganz klar, daß allerdings ein Kreislauf eines geworfenen Körpers um die den Körper anziehende Erde möglich ist, und daß der Mond wohl ein solcher Körper seyn mag. Es käme nun darauf an, die Untersuchung etwas genauer auf ihn anzuwenden; zu fragen, mit welcher Geschwindigkeit denn der Mond in seiner Bahn fortrückt, um wie viel er sich in einer Secunde oder Minute oder Stunde von der Richtung der Berührungslinie, die in jedem Augenblicke als Richtung des Wurfes angesehen werden kann, entfernt, und welche anziehende Kraft also auf ihn wirken muß, um diese Ablenkung hervorzubringen, das ist, um ihn in dieser Bahn zu erhalten?

Die Betrachtungen, mit welchen ich Sie in einer der frühern Vorlesungen unterhalten habe, zeigen deutlich, daß die Entfernung des Mondes mit vollkommener Genauigkeit gefunden werden kann, und ich darf also diese als aus Beobachtungen bekannt ansehen. Zeigt nun gleich die Beobachtung, daß die Bahn des Mondes kein im strengsten Sinne genauer Kreis ist, daß der Mond sich abwechselnd der Erde etwas nähert und sich wieder von ihr entfernt, so sind doch diese Verschiedenheiten des Abstandes nicht so erheblich, daß wir besorgen müßten, Folgerungen, die wir an die als kreisförmig angesehene Bewegung des Mondes knüpften, könnten weit von dem, was in der Natur statt findet, abweichen. Berechnen wir also die ganze Länge der Kreisbahn, welche der Mond durchläuft, und bestimmen daraus den Raum, welchen er in jeder Minute zurücklegt, so finden wir diesen etwas größer als 188000 Fuß, oder finden, daß der Mond in 1 Secunde 3130 Fuß zurücklegt. Könnten wir einen Kreis zeichnen, groß genug, um noch für den vierzigtausendsten Theil des Umfanges, (denn so viel durchläuft ungefähr der Mond in einer Zeitminute,) den Abstand der Tangente vom Kreise messen zu können, so würden wir finden, daß, indem der

Saturn so ungleich zeigen müsse, und nun ergab sich von selbst die Bestimmung der Zeitpunkte, wo man den Ring beobachten müsse, um die eine oder die andre Frage über seine Beschaffenheit besser zu beantworten. Will man sehn, ob die Dicke des Ringes sich noch als kenntlich in unsern Fernröhren zeigt, ob die von uns als eben angenommenen Seitenflächen wirklich eben sind; will man die Dicke des Ringes abmessen: so muß man die Zeit abwarten, da der Ring dem Verschwinden nahe ist. Dagegen wenn man die breite Oberfläche des Ringes beobachten will, wenn man sich überzeugen will, daß es wirklich zwei Ringe sind, welche den Saturn umgeben, so muß man 7 Jahre früher oder später, wenn der Ring uns am meisten geöffnet scheint, ihn zum Gegenstande der Beobachtungen machen. Jetzt zum Beispiel, im Jahre 1827, ist die breite Seite des Ringes gut zu sehen, und ein hinreichend starkes Fernrohr zeigt deutlich die von Cassini schon wahrgenommene, von Herschel aber erst als an beiden Seitenflächen des Ringes ganz gleich erscheinend beobachtete und abgemessene schwarze Linie, die den ganzen Umfang in zwei concentrische Ringe theilt. Dieser schwarze Zwischenraum zeigt sich unveränderlich, und die Ringe ändern also ihre Lage nur so wenig gegen einander, daß es in der Entfernung, wo wir uns befinden, nicht merklich ist.

Des innern Ringes innerer Rand ist von der Oberfläche des Saturn 4160 Meilen entfernt, und der innere Ring ist 3740 Meilen breit; der leere Zwischenraum zwischen den Ringen ist ungefähr 390 Meilen, und die Breite des äußern Ringes 2300 Meilen. Bei dieser großen Breite haben aber die Ringe nur eine Dicke von etwa 100 Meilen, und sind beinahe 28° gegen die Ecliptik geneigt. Ob der Ring vielleicht noch aus mehrern Ringen besteht, können wir nicht sicher entscheiden; aber mehrere dauernd bleibende Spalten entdeckt man nicht, so daß, wenn es mehrere Zwischenräume gäbe, diese doch für unsre Fernröhre zu schmal seyn müssen.

Ich komme nun zu den Beobachtungen über die Rotation des Ringes zurück. Nach Herschels Beobachtungen schien

es sicher genug, daß die hellen Punkte auf dem Ringe, welche er gesehen hatte, zwar manchmal Monde des Saturn, aber in andern Fällen doch wohl ganz gewiß Punkte des Ringes selbst gewesen waren; an diesen hatte er eine Bewegung gegen den Saturn zu oder von ihm abwärts wahrgenommen, und hatte daraus, und aus ihrem öftern Wiedererscheinen in gleicher Stellung, auf die Umdrehung des Saturnsringes geschlossen. Jene Beobachtungen waren von allen Astronomen, nicht bloß weil Herschel Glauben verdiente, sondern auch weil die Darstellung seiner Beobachtungen so volle Ueberzeugungsgründe enthielt, als völlig befriedigend angesehn worden; aber nun beobachtete Schröter eine Reihe von Erscheinungen, die der Rotation des Ringes ganz zu widersprechen und zu zeigen schienen, daß der Ring seine Stellung fast gar nicht ändere, daß der Ring also entweder gar nicht rotire, oder seine Stellung so langsam ändere, daß er erst bei einem ganzen Umlaufe des Saturn um die Sonne eine Rotation vollende. Ehe ich Ihnen diese Beobachtungen Schröters, die gewiß alle Aufmerksamkeit verdienen, erzähle, muß ich indeß noch eine theoretische Ueberlegung anführen, die uns eine Rotation des Ringes fast durchaus als nothwendig darstellt. Es läßt sich nämlich doch ganz gewiß nicht daran zweifeln, daß der Saturn, welcher durch seine anziehende Kraft seine Monde in ihren Bahnen erhält, auch auf den Ring eine anziehende Kraft ausüben muß; daß der Ring dennoch nicht auf den Saturn herabfällt, kann offenbar darauf beruhen, daß dieser sich genau in der Mitte, im Schwerpunkte des Ringes, befindet, wo dann der Ring, von allen Seiten gleich herabgezogen, sich schwebend erhält; aber es ist auch einleuchtend, daß der so im Gleichgewicht erhaltene Ring sogleich anfangen würde, gegen den Planeten herabzufallen, und dann mit beschleunigter Bewegung herabfallen würde, sobald er sich nur ein wenig von jener Gleichgewichtsstellung entfernte. Da sich nun leicht zeigen läßt, daß nach den uns in der Natur vorkommenden Gesetzen und Erscheinungen, eine so unverrückte Stellung, wobei das genaue Gleichgewicht bestände, nicht

mit den Bewegungen der Planeten bekannt gemacht, daß es nöthig ist, in sehr frühe Zeiten oder zu sehr engbegrenzten Kenntnissen zurückzugehen, um das allmählige Wachsen dieser Kenntnisse zu zeigen. Von der Bewegung der Sonne, welche wir als eine eigne Bewegung anzusehen veranlaßt waren, weil wir fanden, daß die Sonne unter den Sternen eben so wie der Mond fortrücke, habe ich Ihnen nur gesagt, daß sie dem Kreise am Himmel, den wir die Ecliptik nennen, folge, und habe gelegentlich mit wenigen Worten bemerkt, daß sie nicht in allen Theilen des Umlaufs, in allen Jahreszeiten gleich schnell sey. Diese Ungleichheiten näher kennen zu lernen, mag der erste Gegenstand unserer Untersuchungen seyn.

Die jährlich wiederholten Beobachtungen der Sonne hatten schon die frühern Astronomen belehrt, daß die Sonne zwar bei allen ihren scheinbaren Umläufen um die Himmelskugel immer auf der Ecliptik fortgehe, daß sie aber nicht jeden Theil dieser Umläufe mit gleicher Geschwindigkeit vollende. Um die Zeit, wo wir unser Jahr anfangen, rückt die Sonne täglich um etwas mehr als 61 Minuten auf der Ecliptik fort, aber diese Bewegung wird nach und nach geringer, so daß sie im Anfange des Juli nur noch 57 Minuten beträgt; um diese Zeit ist die Bewegung am langsamsten, und beschleuniget sich wieder bis zum Ende des Jahres, wo eben die Bewegung, wie zu Anfang des Jahres beobachtet wird, und die Erscheinungen nach eben dem Gesetze aufs Neue fortgehen. Diese Ungleichheit führt sehr natürlich zu der Vermuthung, daß die Sonne wohl dann entfernter von uns seyn mag, wenn ihre scheinbare Bewegung langsamer ist, und daß also, wofern die Sonne sich wirklich um die Erde bewegt, diese doch nicht im genauen Mittelpunkte der Bahn stehen kann. Da es hier nicht meine Absicht ist, Ihnen eine Geschichte der Astronomie zu erzählen, sondern nur zu zeigen, wie wir im Stand gesetzt werden, die wahren Gesetze der himmlischen Bewegungen kennen zu lernen, so will ich hier sogleich eine Beobachtung erwähnen, die, freilich den Alten unbekannt, uns belehren könnte, daß jene scheinbare Ungleichheit zum Theil in der größern Entfernung ihren Grund hat,

aber doch zugleich noch von einer wahren Ungleichheit abhängt. Wenn man nämlich mit den uns jetzt dargebotenen Hülfsmitteln, mit sehr genauen Uhren, Meßinstrumenten und Fernröhren, theils den Ort der Sonne in der Ecliptik täglich genau bestimmt, theils den Durchmesser der Sonne täglich abmißt: so findet man, daß die Sonne uns dann am größesten erscheint, wenn sie am schnellsten fortrückt, daß ihre scheinbare Größe abnimmt, wenn die Bewegung langsamer wird, daß ihr Durchmesser am kleinsten erscheint, wenn sie sich am langsamsten bewegt, und daß Schnelligkeit und scheinbare Größe zugleich wieder zunehmen. Diese Verschiedenheit der scheinbaren Größe ist so erheblich, daß die Sonne am ersten Januar einen scheinbaren Durchmesser von 32 Min. 38½ Sec. hat, statt daß sie am ersten Juli nur 31 Min. 34 Sec. groß erscheint. Man findet diese Verschiedenheit der scheinbaren Größe, indem man den Durchmesser mit irgend einem Micrometer abmißt, dessen Einrichtung sich leicht so übersehen läßt. Stellen Sie sich neben dem im Fernrohr, am liebsten in der Mitte des Fernrohrs, vertical ausgespannten Faden noch einen zweiten, mit jenem parallelen Faden vor, der durch eine feine Schraube, deren Gänge mit großer Sorgfalt gearbeitet sind, zu jenem hinan gerückt werden kann. Sie übersehen leicht, daß es dann möglich ist, indem die Sonne sich im Fernrohr zeigt, dem beweglichen Faden den Abstand vom unbeweglichen zu geben, welcher gerade hinreicht, die Sonne zwischen beide einzuschließen, oder den Zwischenraum der Fäden dem scheinbaren Durchmesser der Sonne gleich zu machen. Ein an der Schraube angebrachter Zeiger dient nun anzugeben, wie viele Umgänge und Theile von Umgängen der Schraube nöthig sind, um den beweglichen Faden aus jener Stellung bis zum Zusammentreffen mit dem unbeweglichen hinan zu bringen, und da man aus andern Beobachtungen sich die Kenntniß, wie viele Secunden jeder Umgang umfaßt, verschaffen kann, so ist dadurch der scheinbare Sonnendurchmesser in Minuten und Secunden gegeben.

Die scheinbare Größe der Sonne giebt uns unmittelbar an, in welchem Verhältnisse wir ihr zu einer Jahreszeit näher

achtungen als einen unwiderleglichen Beweis an, daß der Ring nicht rotirt, sondern immer einerlei Seite der Sonne zuwendet, was dann eine einzige Rotation in dreißig Jahren geben würde, und diese Erklärung bietet sich allerdings am ehesten dar. Aber da sie so Vieles gegen sich hat, da es nämlich kaum denkbar ist, daß der Ring in seiner Lage gegen den Saturn unveränderlich bleiben könne, wenn nicht eine schnellere Rotation das Gleichgewicht erhielte, so hat Laplace eine zweite Erklärung angegeben. Der Ring besteht, wie Sie wissen, aus zwei in einander liegenden Ringen, ja es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß er noch in mehrere Theile zerlegt ist, deren Zwischenräume zu schmal sind, um von uns beobachtet zu werden. Die ebnen Seiten dieser Ringe bilden zwar sehr nahe eine einzige Ebne, aber es könnte wohl seyn, daß sie doch eine kleine Neigung gegen einander hätten, die uns, wenn wir auf die breite Fläche sehen, nicht merklich wird. Ist dieses der Fall, so kann, wenn wir auf die schmale Seite des Ringes sehen, ein kleines Vorragen des einen Ringes über den andern statt finden, und da die ganzen Ebnen der Ringe bei der Rotation ihre Lage behalten, so fände das Hervortreten des einen Ringes über den andern immer an derselben Stelle statt, und böte also jene immer gleich bleibende Erscheinung dar. Die zwei an derselben Seite des Saturn hervorleuchtenden Punkte würden freilich auf mehr als zwei Ringe hindeuten, deren Existenz aber auch gar nicht unwahrscheinlich ist.

Bei diesen beiden Erklärungen wären es wirklich vorragende Gegenstände, entweder Berge auf dem Ringe nach Schröter, oder Vorragungen des einen Ringes über den andern nach Laplace, welche sich uns dort als auffallender glänzende Punkte zeigen; aber es brauchten nicht grade Gegenstände von bedeutender scheinbarer Größe zu seyn, die sich uns dort als hervorglänzende Punkte zeigen, sondern es ist möglich, daß es Theile des Ringes sind, die durch ein viel lebhafteres Licht unser Auge mehr reitzen, sich dadurch uns als größer zeigen, obgleich sie nicht über die Breite des übrigen Ringes ausgedehnt sind. Auf diese Bemerkung grün-

det sich die von Olbers gegebne Erklärung, die mir sehr viel für sich zu haben scheint. Daß aber jene Bemerkung richtig ist, wissen Sie aus manchen Beobachtungen, indem zum Beispiel der sichelförmige Mond, wenn wir seine unerleuchtete Hälfte in schwachem Lichte sehen, mit den leuchtenden Hörnern einem größern Kreise, als der umschlossene dunkle Kreis, anzugehören scheint, — indem wir den Fixsternen eine viel erheblichere scheinbare Größe beizulegen geneigt sind, als sie wirklich besitzen, u. s. w. Auch Herschel hat bei seinen Beobachtungen über glänzendere Punkte des Ringes hieran gedacht, und bemerkt ausdrücklich, man solle diejenigen vorglänzenden Punkte, aus welchen er die Rotation des Ringes bestimmte, nicht grade Berge auf dem Ringe nennen; denn es könnten auch Flächentheile, welche bloß ein lebhafteres Licht zurückwerfen, uns, ohne bedeutende scheinbare Größe, so erscheinen.

Wenn wir dieß also als wohlbegründet voraussetzen, so müßten wir die Frage zu beantworten suchen, wie unserm, beinahe in der Ebne des Ringes stehendem, Auge die von der untergehenden Sonne nur noch sehr schwach erleuchtete Ring-Ebne erscheint, und ob es auf derselben Stellen geben könne, von denen ein stärkeres Licht in unser Auge gelangt. Um diese Zeit muß sich uns der Ring als eine sehr schmale Ellipse, wenig von einer bloßen Linie verschieden, über den Saturn an beiden Seiten hervorragend, zeigen, und wir können das Licht, welches von jedem Punkte dieser Linie zum Auge gelangt, auf folgende Weise berechnen. Wir sehen die feine Ringlinie ohne Zweifel da am glänzendsten, wo unsre Gesichtslinie über die meisten erleuchteten Theile des Ringes hin geht, oder da, wo die Breite des erleuchteten Ringes am größten ist; und wenn wir so die Lichtstärke des erleuchteten Ringes nach der Breite abschätzen, so erhalten wir folgende Darstellung. In Fig. 10. ist die Saturnskugel mit beiden Ringen nach den wahren Verhältnissen der Halbmesser abgebildet, und die schwarzen Ringe stellen die Zwischenräume zwischen dem Planeten und den Ringen dar. Der Saturn selbst hat mit unsrer Betrachtung weiter nichts zu thun, aber er hindert uns, den Theil des Ringes zu erkennen, welcher zwischen den graden

mannes näher wären, und dieses sollten wir doch, scheint es, wohl bemerken, wenn unsre Annäherung gegen das eine dieser Gestirne hin so ungemein viel betrüge. Eben so wenig bemerken wir, daß die nähern Fixsterne ihren scheinbaren Ort so ändern, wie es doch zu erwarten wäre, wenn die Erdbahn erheblich groß gegen die Entfernung AB eines nähern Fixsternes B von der Sonne A (Fig. 18.) ist; denn dieser Stern B müßte der in E stehenden Erde, den entferntern Stern D zu verdecken, der in C stehenden Erde rechts von D, der in F stehenden Erde links von D erscheinen, statt daß die Beobachtung uns die gegenseitige Lage als ganz unverändert zeigt.

Allerdings ist dieser Einwurf von einem großen Gewichte, und wir können es den ältern Astronomen nicht so sehr verdenken, wenn sie durch ihn bewogen, die Bewegung der Erde unwahrscheinlich fanden, wenn sie die Vorstellung von einer so unbegreiflichen Größe des Sternenhimmels, daß dagegen 40 Millionen Meilen etwas Unmerkliches seyn sollten, nicht in sich aufnehmen konnten. Erst überwiegende Gründe konnten die Ueberzeugung, daß es dennoch so sey, herbeiführen, und diese Gründe fanden sich in der scheinbaren Bewegung der Planeten, die durchaus als unregelmäßig erscheint, wenn man die Erde als ruhend ansieht. Mit diesen Erscheinungen der Planeten muß ich Sie daher genauer bekannt machen.

Unter den Planeten giebt es zwei, die sich nie weit von der Sonne entfernen, immer nur Abends, kurz nach Sonnenuntergang, oder Morgens, kurz vor Sonnenaufgang sichtbar sind. Die Venus, die sich etwas weiter als der Mercurius von der Sonne entfernt, giebt uns, vorzüglich wenn wir Fernröhre und Micrometer zu Hülfe nehmen, besser als Mercurius Gelegenheit, alle Umstände der Bewegung dieser Planeten wahr zu nehmen. Wenn sie Abendstern wird, das heißt, wenn sie erst anfängt, Abends nach Sonnenuntergang sich zu zeigen, so sieht man sie im Fernrohre rund oder ganz erleuchtet, wie den Vollmond. Sie entfernt sich täglich mehr von der Sonne, und bleibt daher länger in der Abenddämmerung sichtbar, ihr Durchmesser erscheint täglich größer, aber ihr erleuchteter Theil nimmt ab, so daß sie bald nicht mehr dem vollen,

sondern dem abnehmenden Monde ähnlich erscheint. Je länger sie nach Sonnenuntergang sichtbar bleibt, desto mehr nähert ihr Ansehen sich dem der Mondsviertel, während ihr scheinbarer Durchmesser immer größer wird, und sie sich also offenbar der Erde nähert. Diese Annäherung zur Erde dauert auch dann noch fort, wenn ihre Entfernung von der Sonne wieder abnimmt; denn weiter als etwa 45 Grade entfernt dieser Planet sich nie von der Sonne, sondern kehrt, nachdem er seine größte Elongation, seinen größten Abstand von der Sonne erreicht hat, zu ihr zurück. Nach der größten Elongation kehrt uns die Venus bei fortwährender Annäherung zur Erde, je mehr und mehr ihre dunkle Seite zu, und wird, dem Neumonde ähnlich, uns in der Nähe der Sonne unsichtbar, indem sie uns ganz den Anblick ihrer erleuchteten Seite entzieht. Aber nach einer nur wenige Tage dauernden Unsichtbarkeit zeigt sich die Venus am Morgenhimmel vor Sonnenaufgang; sie ist noch immer sichelförmig, oder zeigt uns wenig von ihrer erleuchteten Seite, und der erleuchtete Rand ist, so wie vor der Zusammenkunft mit der Sonne, der Sonne zugekehrt; ihr scheinbarer Durchmesser ist kurz nach der Conjunction eben so groß, als kurz vor derselben. Bei ihrem jetzt zunehmenden westlichen Abstande von der Sonne, und ihrem dadurch bewirkten früherem Aufgange und längerem Erscheinen vor Sonnenaufgang, entfernt sie sich, wie das Abnehmen ihrer scheinbaren Größe zeigt, von der Erde, wendet uns aber allmählig wieder mehr ihre erleuchtete Seite zu; sie erscheint halb erleuchtet, wenn sie sich am weitesten von der Sonne entfernt hat, kehrt dann anscheinend zur Sonne zurück, wobei ihr erleuchteter Theil zunimmt, und ihre scheinbare Größe abnimmt, und entzieht sich, weil sie von der Sonne überglänzt wird, unsern Augen, obgleich sie uns um diese Zeit ihre ganze erleuchtete Seite zukehrt.

Diese Erscheinungen konnten den ältern Astronomen nicht so genau bekannt seyn, da das bloße Auge zwar eine Ungleichheit des gesammten Glanzes wahrnehmen läßt, aber uns nicht im Stand setzt, zu beurtheilen, welchen Antheil daran die Annäherung zur Erde, und welchen Antheil die Ungleichheit der Phase, oder die Größe des uns zugewandten erleuchteten Theiles

dern er hatte seine Durchsuchung des Himmels sogleich mit der Hoffnung angefangen, daß so starken Fernröhren, als den seinigen, vielleicht ein noch unentdeckter Planet sichtbar werden könnte. Herschel erkannte den Planeten an seiner bedeutenden scheinbaren Größe, und hat sogar unter günstigen Umständen seine Abplattung wahrgenommen, so daß man auch bei dem Uranus auf eine Umdrehung um die Axe schließen darf. Diese Axe aber ist nicht, wie bei allen andern Planeten ungefähr senkrecht auf die Ebne der Bahn, sondern der Aequator des Uranus muß beinahe senkrecht gegen seine Bahn seyn, oder die Axe fast in der Ebne der Bahn liegen. Dadurch entsteht, während eines ganzen Uranusjahres, eine Ungleichheit der Jahreszeiten, die ganz von den Erscheinungen auf der Erde abweicht. Fangen wir nämlich mit dem Zeitpunkte an, wo die Sonne im Aequator des Uranus erscheint, so haben alle Gegenden auf ihm gleich lange Tage und Nächte; kurz nachher tritt der eine Pol in die Nachtseite, und dem andern Pole tritt die, nie mehr untergehende Sonne allmählig höher über den Horizont hervor, und nach Vollendung eines Viertel-Umlaufs des Planeten sieht der eine Pol die Sonne im Zenith, während die ganze andre Hälfte des Planeten eine unaufhörliche Nacht hat. Diese Nacht ist zwar in der Nähe des Aequators nicht von sehr langer Dauer, da die Sonne, wenn der Uranus nur etwas weiter rückt, den Gegenden jenseits des Aequators wieder aufgeht; aber selbst in den mittleren Breiten dauert diese Winternacht Jahrelang, und der Pol selbst ist mit einer vierzigjährigen Nacht bedeckt, welcher dann ein vierzigjähriger ununterbrochener Tag folgt.

Herschel hat zwei den Uranus begleitende größere Monde entdeckt, und längere Zeit beobachtet; außerdem hat er noch vier kleinere wahrgenommen, die zu den kleinsten von ihm beobachteten Gegenständen gehören, und welche nur selten gesehen werden konnten. Selbst die beiden größern haben ein so schwaches Licht, daß sie durch den Glanz des Uranus unsichtbar werden, wenn sie diesem nahe kommen, aber dennoch schätzt Herschel sie an wahrer Größe den Monden des Jupiter gleich, weil bei der großen Entfernung von der Sonne

und von uns, ihr scheinbarer Glanz, auch bei solcher Größe, nur sehr geringe seyn kann. Ihre Bahnen sind beinahe senkrecht gegen die Ebne der Uranusbahn, und stimmen mit der Ebne seines Aequators überein.

Die übrigen Monde hat Herschel nur gesehen, und sich dadurch, daß sie nicht ihre Stelle fortwährend gleich einnahmen, überzeugt, daß es keine Fixsterne waren. Unsre Kenntniß von ihren Bahnen beruht daher auf der Voraussetzung, daß die Ebnen dieser Bahnen ziemlich nahe mit den Ebnen der Bahnen der besser bestimmten zwei Monde zusammenfallen; denn wenn dieß der Fall ist, so reicht selbst eine einzige Beobachtung hin, um die Entfernung des neu entdeckten Mondes von seinem Hauptplaneten zu bestimmen. Wir kennen nämlich die elliptische Form GBF (Tab. VII. Fig. 12.), in welcher sich uns, bei einer gewissen Stellung des Uranus, die Bahnen der bekannten Monde zeigen; wird nun in C ein neuer Mond entdeckt, so nimmt man CED als seine Bahn an, und AC, AB geben uns die verhältnißmäßige Größe der Abstände beider. Hiemit ist die Bahn recht gut bestimmt, wenn man nur völlig sicher ist, daß der einmal in C gesehene Gegenstand wirklich ein Uranusmond war, und davon glaubt Herschel sich durch sorgfältige Bestimmung, daß der gesehene Gegenstand seine Stelle gegen die übrigen Fixsterne verändert haben mußte, überzeugt zu haben. Sehr unvollkommen ist nun freilich unsre Kenntniß von den Abständen und Umlaufszeiten dieser Monde; aber folgende Angaben sind wenigstens der Hauptsache nach als richtig anzusehen, und für den zweiten und vierten Mond, welche Herschel länger beobachtet hat, vollkommen zuverläßig.

	Abstand v. Uranus.	Umlaufszeit.
Des ersten Mondes	49000 Meilen	5 Tage 21 St.
= zweiten =	64000 =	8 = 17 =
= dritten =	74000 =	10 = 23 =
= vierten =	85000 =	13 = 11 =
= fünften =	169000 =	38 = 2 =
= sechsten =	338000 =	107 = 17 =

Sechzehnte Vorlesung.

Die Erscheinungen der oberen Planeten zeigen sich am auffallendsten am Mars, der uns am nächsten kommt, und sehr ungleiche Entfernungen von der Erde erlangt. Wir sehen ihn als einen sehr schönen hellen Stern, wenn er um Mitternacht im Meridian steht, also der Sonne gerade gegenüberstehend, mit der Sonne in Opposition ist; dagegen wird er sehr viel kleiner zu der Zeit, da er nahe bei der Sonne erscheint, oder sich der Conjunction mit der Sonne nähert, und diese Ungleichheit seiner scheinbaren Größe ist so erheblich, daß er im ersten Falle viermal so groß im Durchmesser, als im letzten Falle, erscheint.

Um den ganzen scheinbaren Lauf des Mars am Himmel zu verfolgen, will ich die Erzählung seiner Erscheinungen mit der Opposition anfangen. Dann steht der Planet um Mitternacht im Meridian, und wenn man ihn mehrere Abende nach einander auch nur mit bloßem Auge beobachtet, sieht man, daß er immer weiter westlich unter den Sternen fortrückt. Die Astronomen nennen diese Bewegung eine rückläufige, weil nicht bloß der Mond und die Sonne unter den Sternen ostwärts fortgehen, sondern auch die Planeten selbst, welche zuweilen nach Westen fortrücken, dennoch ihre ganzen Umläufe um den Himmel ostwärts fortgehend vollenden, und nur als Ausnahme diese retrograde oder rückgängige Bewegung befolgen. Setzt man nach der Opposition die Beobachtung des Mars länger fort, so bemerkt man, daß sein Fortrücken nach westlichern Sternen hin langsamer wird, er wird endlich fast ganz stillstehend, oder verweilt mehrere Tage bei denselben Sternen, und dann geht seine Bewegung in die entgegengesetzte über, oder er wird rechtläufig. Er setzt dieses östliche Fortrücken, welches allmählig schneller wird, nun lange Zeit fort, und während die Sonne, schneller als der Planet gegen

Osten unter den Sternen fortrückend, ihn immer näher und näher zu ereilen im Begriff ist, eilt er ihr doch lange Zeit noch voraus, bis er endlich etwa 11 Monate nach der Opposition am Abendhimmel wegen zu großer Annäherung der Sonne unsichtbar wird. Während er so vom Anfange seiner rechtläufigen Bewegung an, nach Osten fortgerückt ist, hat er mehr als die halbe Ecliptik durchlaufen. Nach seiner Conjunction mit der Sonne findet man ihn, nach Verlauf einiger Zeit, am Morgenhimmel wieder, aber da er noch immer sehr schnell zu östlichern Sternen fortrückt, so entfernt er sich wenig von der Sonne, und tritt langsam aus der Morgenröthe hervor, oder geht erst nach mehreren Monaten früh genug auf, um leicht am Morgenhimmel aufgefunden zu werden. Hat sich aber die Sonne bedeutend von ihm entfernt, so bemerkt man ein Abnehmen seiner ostwärts gerichteten Bewegung, endlich scheint er gar nicht mehr fortzurücken, und nimmt nach kurzem Stillstande eine rückwärts gehende Bewegung an, die er dann auch bis zur Opposition, mit welcher eben der Cyclus von Erscheinungen neu beginnt, beibehält.

Jupiter und Saturn bieten ähnliche Erscheinungen dar, nur mit dem Unterschiede, daß ihre Bewegung um den ganzen Himmel langsamer ist, und ihre Rückgänge nicht so viel, als bei Mars betragen. Die Rückgänge aller dieser Planeten stehen mit der Opposition in einer genauen Verbindung, und diese Bemerkung läßt darüber, daß die angeführten Erscheinungen auf eine Verbindung auch dieser Planeten mit der Sonne hinweisen, keinen Zweifel.

Es ist nicht meine Absicht, Sie lange mit den verschiedenen Meinungen zu unterhalten, welche die Astronomen über die wahre Bewegung dieser Planeten gehegt haben. Das Ptolemäische System, nach welchem jeder Planet einen Kreis durchläuft, dessen durch gar keinen Körper bezeichneter Mittelpunkt einen Kreis um die Erde beschreibt, würde uns, da wir zu fragen gewohnt sind, welche Kraft denn den bewegten Körper in seiner Bahn erhalte, gewiß nicht genügen; denn wir dürften weder sagen, der leere Mittelpunkt wirke mit einer anziehenden Kraft auf den Planeten, um diesen auf

denken ist. Und wenn auch wirklich eine solche Bahn einen wahren Durchschnittspunkt mit der Erdbahn gemein hätte, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Comet dort in eben dem Augenblicke eintreffe, wo die Erde sich im Durchschnittspunkte befindet, höchst geringe. Wollen wir bloß auf den Stoß sehen, so bedarf die Erde, da wir den Cometen doch eben nicht größer als die Erde annehmen werden, nur etwa 14 Minuten, um durch den gefährlichen Ort, wo der Comet allenfalls mit ihr zusammentreffen könnte, hindurch zu kommen, und da diese Zeit $\frac{1}{37700}$ des Jahres ist, so erhellt schon daraus, in wie vielen verschiedenen Stellungen sich die Erde befinden kann, während der Comet, ohne ihr zu schaden, durch die Erdbahn geht, und daran ließe sich, wenn man die Umlaufszeit des Cometen kennt, die Wahrscheinlichkeitsberechnung, wie unwahrscheinlich ein Zusammentreffen sei, knüpfen. Daß der Schweif eines Cometen die Erde erreichen könne, ist zwar eher möglich, indeß hat man noch nie nachtheilige Folgen von den Schweifen der Cometen bemerkt, und da die Fälle, wo die Cometen der Erde auch nur auf 1 Million Meilen nahe kommen, immer nur selten seyn werden, und selbst bei dieser Nähe der Schweif noch immer auf die mannigfaltigste Weise neben der Erde vorbei gehen kann, so ist die Besorgniß, durch die Schweife der Cometen unangenehme Wirkungen zu erleiden, höchst unbedeutend. Aber eben diese Ueberlegungen zeigen auch, daß wir eben keinen Grund haben, denen beizustimmen, welche den Cometen einen Einfluß auf die Witterung zuschreiben. Der heiße Sommer und der schöne Wein des Jahres 1811, sollte, nach der Meinung mehrerer Meteorologen, von dem eben damals erschienenen Cometen herrühren; aber der Comet war selbst im October, als er uns am nächsten kam, noch so weit als die Sonne von der Erde entfernt, und ich kann mich daher nicht überzeugen, daß eine solche Einwirkung wahrscheinlich sei. Auch die Erfahrung spricht nicht für diese Einwirkung, denn es hat heiße Sommer ohne Cometen, und dagegen Cometen ohne gleichzeitige Wärme gegeben, so daß das Zusammentreffen als ganz zufällig erscheint.

Die Cometen erscheinen zuweilen plötzlich mit schönem Glanze am Himmel, ohne daß selbst jetzt, wo die Astronomen uns alle voraus zu berechnende Ereignisse bekannt machen, uns irgend jemand ihre Ankunft hätte voraussagen können. Dieser Fall ereignet sich dann, wenn ein zur Sonne herankommender Comet in einer solchen Stellung, daß die Sonne ihn mit ihrem Glanze verdeckt, sich der Sonne und Erde genähert hat, und er nun mit schönem Glanze aus den Strahlen der Sonne hervortritt; der Comet wird dann am Abendhimmel nach Sonnen-Untergang oder am Morgenhimmel vor Sonnen-Aufgang sichtbar, und entfernt sich nach und nach von der Sonne. Eben so kann er uns auf einmal in vollem Glanze sichtbar werden, wenn er sich in einer sehr südlichen Declination befunden hat, und erst dann über unserm Horizonte aufgeht, wenn er der Sonne und Erde nahe genug gekommen ist, um sich in schönem Glanze zu zeigen. In andern Fällen dagegen, wenn der zur Sonne gehende Comet über unserm Horizonte bei Nacht sichtbar ist, pflegen die unermüdet thätigen Astronomen ihn, sobald er nur in Fernröhren kenntlich ist, zu entdecken, und da sich dann seine Bahn sehr bald berechnen läßt, es voraus zu bestimmen, ob er sich auch dem bloßen Auge zeigen wird. Dieser letztere Fall traf bei dem Cometen im Jahre 1811 ein, und Sie werden aus einer Zeichnung (Tab. VIII. Fig. 1.) sich leicht überzeugen können, daß dieser drei verschiedene Perioden seiner Sichtbarkeit haben mußte. In dieser Zeichnung stellt die Ellipse, an welcher die Monatstage aufgezeichnet sind, die Erdbahn vor, und die beigesetzten Monatstage zeigen den Ort der Erde an jedem dieser Tage. Am 25. März wurde der Comet, dessen von Süden heraufgehende Bahn Sie in der Figur leicht erkennen werden, in großer Entfernung, und in einer sehr südlichen Breite, weit von der Ecliptik, entdeckt. Die Erde befand sich um diese Zeit an eben der Seite der Sonne, an welcher sich der Comet befand, indem dieser senkrecht unter dem in der Ebne der Ecliptik liegenden Punkte A stand. Der Comet, dessen Bahn sehr stark gegen die Ecliptik geneigt war, näherte sich nun, wie die an seiner Bahn bemerkten Monatstage zeigen, der Erdbahn; aber da die Erde sich von der

Gegend, wo der Comet fortging, entfernte, so konnte er immer noch nicht in vollem Glanze erscheinen; und da die von der Erde zum Cometen gezogenen Linien immer näher an der Sonne vorbei gingen, so konnte er nur bis Anfang des Juni noch gesehen werden. Während des Juli ging der Comet durch seinen aufsteigenden Knoten, und entfernte sich nun nördlich von der Ecliptik, während die Erde grade den entferntesten Theil ihrer Bahn durchlief. Am 22. August stand der Comet senkrecht über dem Punkte B, aber schon so weit über der Ebne der Erdbahn, daß die zu ihm gezogne Gesichtslinie nicht mehr allzunahe an der Sonne vorbei ging; der Comet trat in der Abenddämmerung aus den Sonnenstrahlen hervor, war aber noch ziemlich unscheinbar, da er fast um einen ganzen Durchmesser der Erdbahn von uns entfernt war. Aber nun gingen Erde und Comet einander entgegen, indem der Comet sich am 12. Sept. senkrecht über C befand, und dann so fortrückte, wie die seiner Bahn beigesetzten Monatstage zeigen. In der Mitte des October war der hoch über der Ebne der Erdbahn stehende Comet der Erde am nächsten, und nachher entfernten beide Weltkörper sich, ungefähr nach entgegengesetzten Richtungen, von einander. Die Figur zeigt, wo beide am 1. November, am 1. December, am 1. Januar sich befanden, und daß kurz nach dem Anfange des Jahres 1812 der Comet uns wegen zu großer Entfernung unsichtbar werden mußte. Während die Erde nun den vom Cometen am meisten entfernten Theil ihrer Bahn durchlief, nahm zwar die Entfernung des Cometen von der Sonne immer mehr zu; aber weil die Erde im August sich dem Cometen wieder sehr genähert hatte, war es dennoch möglich, diesen mit Fernröhren noch einmal wieder zu sehen; und obgleich die große Entfernung des Cometen und seine südliche Stellung die nördlicher wohnenden Astronomen hinderte ihn zu erkennen, so gelang dieß doch dem Astronomen Wisniewski im südlichen Rußland, und dieser beobachtete ihn zwei Wochen lang, ungeachtet seines sehr schwachen Lichtes. Als der Comet zuerst gesehen wurde, war er über 40 Millionen Meilen von der Erde, und 56 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, bei seiner schönsten

Sichtbarkeit war er über 21 Millionen Meilen von der Sonne und eben so weit von der Erde entfernt, und zeigte sich, dieser großen Entfernung ungeachtet, mit einem 20 Grade langen Schweife; im August 1812, als Wisniewski ihn wiedersah, befand er sich nicht weit mehr von der Jupitersbahn, über 90 Millionen Meilen von der Sonne und über 70 Millionen Meilen von der Erde, weshalb er denn auch so ungemein schwach an Licht sich zeigte, und uns ungefähr die Grenze kennen lehrte, über welche hinaus es uns, wenn ein Comet nicht diesen großen und schönen Cometen an Glanz übertrifft, nicht leicht gelingen möchte, einen Cometen wahrzunehmen.

Der Comet, welcher sich im Herbste des Jahres 1825 in einem matten Lichte, aber doch mit recht schönem, langem Schweife zeigte, bot eine gewissermaßen ähnliche Reihe von Erscheinungen dar. Er wurde im Juli entdeckt, als er noch 50 Millionen Meilen von der Sonne und 60 Millionen Meilen von der Erde entfernt war. Er war damals nur sehr schwach an Licht, und da die Erde ungefähr auf ihn zuging, so war auch seine Bewegung langsam. In der Mitte des August erreichte er seinen niedersteigenden Knoten, und da er eine, der Bewegung der Erde entgegengesetzte Bewegung hatte, so kamen Erde und Comet einander näher, und der Comet erreichte einen schönen Glanz. Aber schon im October nahm sein südlicher Abstand von der Ecliptik so zu, daß er für uns, in unsern nördlichen Gegenden, nicht mehr aufging, während er in den südlichen Gegenden sich noch lange im besten Lichte gezeigt hat. Indeß kam er in der Mitte des Octobers in Opposition mit der Sonne, und seine Entfernung von der Erde nahm daher in den folgenden Monaten zu, obgleich er noch der Sonne etwas näher kam; da der Comet noch immer zu südlich stand, um bei uns gesehen zu werden, und in den ersten Monaten des folgenden Jahres sich jenseits der Sonne befand, so konnte er erst im April und Mai wieder beobachtet werden, wo er aber schon zu klein war, um anders als mit Fernröhren gesehen zu werden.

Diese Erzählungen haben Ihnen zugleich gezeigt, in welchen Entfernungen etwa die Cometen uns noch sichtbar bleiben, und ich will daher hieran sogleich die Beantwortung der Frage knüpfen, wie wir die zunehmende und abnehmende Lichtstärke eines Cometen, dessen Bahn man schon kennt, voraus bestimmen können, woraus sich dann einige Folgerungen in Beziehung auf das Aufsuchen der Cometen ergeben. Wenn die Cometen von der Sonne erleuchtet werden, so hängt ihre Sichtbarkeit nicht bloß von der Entfernung von der Erde, sondern auch von ihrer Entfernung von der Sonne ab, und wenn (Tab. VIII. Fig. 2.) S die Sonne und E die Erde vorstellt, so wird ein von A nach B rückender Comet uns in B heller als in A erscheinen, obgleich die Punkte A und B gleich weit von der Erde entfernt sind; in B erleuchtet die Sonne ihn stärker als in A, und er könnte sich daher etwas weiter, bis C, von der Erde entfernen, und doch noch eben so gut sichtbar bleiben, als in A, wo er der Erde näher, aber entfernter von der Sonne war. Auf diese Betrachtung gründet sich die Bestimmung einer krummen Linie A C D F, auf welcher der Comet fortgehen müßte, wenn er der in E bleibenden Erde immer gleich an Licht erscheinen sollte; der gesammte Eindruck seines Glanzes auf unser Auge würde derselbe bleiben, weil seine scheinbare Größe grade in dem Maaße abnimmt, wie die Intensität seines Glanzes zunimmt. Befände sich der Comet auf der Linie IKL, so würde er viermal so glänzend, auf der krummen Linie MNO zehnmal so glänzend seyn, wenn nämlich das Maaß des Glanzes nach dem gesammten Eindrucke auf unser Auge angegeben wird.

Wenn also ein kleinerer Comet grade Licht genug hat, um entdeckt zu werden, wenn er in P eben so weit von der Erde und von der Sonne ist, als diese von einander, so könnte er, wenn die Erde ihren Stand in E behält, eben so gut in A, C, D, F gesehen werden, und der von dieser Curve umschlossene Raum bestimmt den Raum der Sichtbarkeit dieses Cometen, den man sich offenbar als einen durch

Umdrehung der Curve A P F um A F entstehenden eiförmigen Raum denken muß.

Auf diese Betrachtung gründet sich die Beantwortung der Frage, wann man den Himmel durchmustern muß, um mit der meisten Wahrscheinlichkeit Cometen aufzufinden, und mit welcher Wahrscheinlichkeit eines glücklichen Erfolges man diese Aufsuchung unternehmen kann. Da die Cometen höchst ungleich an wahrer Größe und Helligkeit sind, so kann man es als eine mittlere Bestimmung gelten lassen, daß die Cometen uns sichtbar werden, die innerhalb des eben bestimmten Raumes A C D F sind. Dieser eiförmige Raum ist nur ein Fünftel der Kugel, die man erhalten würde, wenn man sich eine bis an die Marsbahn reichende Kugel dächte. Nimmt man also an, es sei wenigstens ein Comet allemal innerhalb dieser Kugel, oder ein Comet immer der Sonne näher als Mars, so müßte man fürchten, viermal jenes Fünftel vergeblich durchzumustern, und nur bei jedem fünften Male einen Cometen zu entdecken; denn wenn fünf Cometen zugleich innerhalb der Sphäre der Marsbahn wären, so ließe sich annehmen, daß in der Regel einer sich innerhalb jenes eiförmigen Raumes befände. Aber da wir nicht jenen ganzen eiförmigen Raum durchsuchen können, indem bei Sonnen-Untergang schon die Hälfte desselben unter dem Horizonte ist, und um die Zeit der Dämmerung, wo man Cometen zu sehen hoffen kann, nur noch der vierte Theil desselben über dem Horizonte bleibt, so können wir nur annehmen, daß wir bei der Durchmusterung in dem zwanzigsten Theile jener Kugel Cometen finden können, oder daß wir etwa zwanzig Mal vergeblich nach Cometen suchen werden, wenn wir an 20 verschiedenen Tagen diese Durchsuchung des Himmels vornehmen, und ungefähr bestätigt auch die Erfahrung diese Angaben.

Wenn wir von E aus, wo die Erde sich befindet, nach verschiedenen Richtungen hin, Linien nach dem Umfange dieses Ovals ziehen, so sind die am längsten, welche nahe an der Sonne vorbei gehen, und wir haben also desto mehr Hoffnung, auf einer dieser Linien einen Cometen zu finden,

mit der Sonne entfernt ist, da P p′ und P A noch beinahe senkrecht auf einander sind. Während die Erde nach Q und R gelangt, nimmt der Winkel, den Q q′, R E mit der nach dem Sterne I gezognen Linie machen, noch zu; aber für das Ende des vier und zwanzigsten Monats, wo die Erde nach B zurückgekehrt ist, und der Mars in h steht, bildet B h nur ungefähr einen eben so großen Winkel mit B I, als einen Monat früher R E mit R I bildete, und darin verräth sich die wieder eintretende rückgängige Bewegung, die im folgenden Monate noch deutlicher wird, wo die Erde nach H, der Mars nach k rückt.

Diese freilich etwas umständliche Entwicklung zeigt also, daß eine gleichförmige Bewegung des Mars um die Sonne, und der Erde um die Sonne alle die Ungleichheiten in der scheinbaren Bewegung des Planeten erklärt, und rechtfertiget die Vermuthung, daß es wirklich die Bewegung der Erde sey, die, während sie schneller als der Mars, in B K diesem voreilt, ihm eine rückläufige scheinbare Bewegung ertheilt, und eben so alle andern Ungleichheiten bewirkt.

Diese Uebereinstimmung der Erscheinungen mit dem Erfolge, den wir aus einer Bewegung der Erde hergeleitet haben, ist zwar noch kein durchaus strenger Beweis für die Bewegung der Erde; denn auch nach Tycho's System lassen sich die Erscheinungen erklären; aber außer dem, aus dem Attractionsgesetze hergenommenen Beweise, auf den ich künftig noch zurückkomme, giebt es noch zwei Erscheinungen, die die Bewegung der Erde geradezu beweisen. Die eine ist die Abirrung des Lichtes, eine kleine Aenderung in der scheinbaren Richtung des von den Sternen zu uns kommenden Lichtes, die sich einzig durch die Bewegung der Erde erklären läßt: — von dieser werde ich Sie später erst unterhalten, wenn andere dabei vorauszusetzende Lehren abgehandelt sind. Die zweite Erscheinung, die freilich noch erst genauer beobachtet werden muß, ist die scheinbare Bewegung der Sternschnuppen. Ich darf zwar dieser Erscheinung, da sie bis jetzt bloß aus einer kleinen Reihe von Beobachtungen bekannt, und aus diesen von mir hergeleitet ist, noch kein ganz entscheidendes Gewicht

geben; aber ich zweifle nicht, daß künftige Beobachtungen sie bestätigen werden. Wenn man nämlich jene flüchtigen Lichterscheinungen, die Ihnen allen unter dem Namen der Sternschnuppe bekannt sind, von mehreren Orten aus beobachtet, um zu bestimmen, wo denn der Punkt liegt, in welchem sie entstanden und verschwanden: so findet man zwar, daß die Richtung ihrer Bahnen sehr mannichfaltig ist, aber dennoch herrscht diejenige Richtung vor, welche der Bewegung der Erde in ihrer Bahn entgegengesetzt ist. Wären nun diese leuchtenden Erscheinungen Gegenstände, die an sich völlig ruhend im Weltraume schwebten, so müßten sie ja den Bewohnern der unter ihnen hin mit großer Schnelligkeit fortbewegten Erde als hinter ihr zurückbleibend, oder als in der entgegengesetzten Richtung fortrückend sich zeigen. Solche ganz still stehende Massen sind sie nun zwar nicht, sondern sie scheinen eine mannichfaltige eigene Bewegung zu haben; aber dennoch läßt sich übersehen, daß jenes Zurückbleiben hinter der an ihnen vorbeieilenden Erde immer merklich bleiben muß. Und umgekehrt, da die Beobachtungen zeigen, daß der bei weitem größere Theil dieser Erscheinungen eine solche Bewegung über der Oberfläche der Erde hin hat, die der Richtung entgegengesetzt ist, welche wir als Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn ansehen, so geben diese Erscheinungen einen neuen und unerwarteten Beweiß für die wahre Bewegung der Erde.

Durchläuft aber nun wirklich die Erde eine so ungemein große Bahn, daß sie, wie ich in der Folge zeigen werde, in der einen Jahreszeit den Gestirnen, die mit der Sonne in Opposition sind, 41 Millionen Meilen näher ist, als in der 6 Monate spätern Jahreszeit, wo diese Gestirne sich hinter der Sonne verbergen, so ist es allerdings zu verwundern, daß dieser große Unterschied der Entfernungen uns durch nichts merklich wird. Die Sterne, denen wir uns nähern, erscheinen darum nicht größer, ihre Abstände von einander ändern sich nicht, oder leiden wenigstens keine, unsern so sehr vollkommnen Instrumenten nur im mindesten merkliche Aenderungen. In der That also müssen selbst die nächsten Sterne

ungemein entfernt seyn, Billionen von Meilen sind es, durch welche wir diese Entfernung ausdrücken müssen, und noch viel größere Zahlen bedürfen wir, wenn wir uns zu den fernen Grenzen dieser durch unermeßliche Räume ausgestreuten Sternenheere erheben wollen. Aber dieses darf uns wohl nicht überraschen. Das, was in Beziehung auf die kleine Erde, auf die Werke der Menschen groß ist, ja selbst was ihrer begrenzten Vorstellungskraft unermeßlich scheint, ist offenbar etwas Geringes auf dem Schauplatze, der sich, je stärker unsere Seheröhre in die Ferne dringen, desto weiter vor unsern Augen ausdehnt. Und wie könnten wir uns auch wundern, daß die Werke Gottes unendlich sind!

Siebzehnte Vorlesung.

Die Bewegungen der obern Planeten habe ich neulich so erklärt, wie die Bewegung der Erde um die Sonne es fordert; ich muß wohl auch noch zeigen, daß die Bewegung der untern Planeten nicht weniger richtig durch diese Hypothese erklärt wird. Es sey (Fig. 47.) A die Sonne, BFIL die Erdbahn, Ceh die Bahn der Venus. Fangen wir nun die Betrachtung der Erscheinungen mit dem Zeitpunkte an, wo die Venus gerade hinter der Sonne stand, oder in der oberen Conjunction war, so können wir uns für diesen Zeitpunkt die Erde in B, die Venus in C denken. Da die Venus ihre Bahn in kürzerer Zeit als die Erde durchläuft, so ist sie nach d gelangt, während in einem Monate die Erde nach D gekommen ist, und man sieht von D aus die Venus ein wenig von der Sonne entfernt, und zwar, wenn man sein Gesicht gegen die Sonne richtet, von dieser links stehend, das ist, die Venus wird nach Sonnenuntergang sichtbar. Während die Erde die Punkte E, F, G erreicht, kommt die

Venus nach e, f, g und nähert sich also der Erde, indem zugleich der scheinbare Abstand von der Sonne zunimmt. Die Erde erreicht den Punkt K zu eben der Zeit, da die Venus nach k kommt, und hier ist die scheinbare Entfernung der Venus von der Sonne am größesten, weil Kk fast völlig senkrecht auf Ak ist; die scheinbaren Abstände der Venus von der Sonne werden geringer, indem die Erde nach L, M, die Venus nach l, m fortgeht. Daß unterdeß auch die Venus der Erde näher kommt, zeigt die Figur, und daß sie nach und nach immer vollständiger die dunkle Seite der Erde zukehrt, ist gleichfalls leicht zu übersehen. In n gelangt Venus zur untern Conjunction, weil die Erde zu gleicher Zeit in N steht, und in der folgenden Zeit steht der Planet rechts von der Sonne. Der Grund, warum von der obern Conjunction bis zur größten Elongation mehr Zeit verfließt, als von da bis zur untern Conjunction, ist wohl auch leicht zu entdecken. Da Venus uns in dem letztern Theile ihrer Bahn näher ist, so erscheint uns ihre Bewegung schneller, und sie kehrt daher schneller zur Sonne zurück, als sie sich von ihr entfernt hatte. An der andern Seite der Sonne entfernt sie sich nun schnell von der Sonne und kehrt, in dem weiter von uns entfernten Theile der Bahn langsamer zu ihr zurück.

Ich habe hier den Abstand der Venus von der Sonne und ihre Umlaufszeit anscheinend willkührlich angenommen; Sie werden aber bald sehen, daß wir Mittel besitzen, um beide genau zu bestimmen. Ehe ich diese angebe, lassen Sie uns die Bewegung der Erde selbst, so wie wir sie jetzt annehmen, noch etwas sorgfältiger betrachten. Die Erde bewegt sich in einer Bahn, die ich für jetzt noch einen Kreis nennen will, um die Sonne; sie dreht sich aber unterdeß auch fortwährend um ihre Axe, und ihre Bewegung muß nothwendig so beschaffen seyn, daß die Axe immer mit ihrer vorigen Lage parallel bleibt. Da nämlich die Beobachtung zeigt, daß der Punkt am Himmel, welchen wir Nordpol nennen, und eben so der Südpol am Himmel, im Laufe des ganzen Jahrs derselbe bleibt, gegen die umgebenden Sterne ganz einerlei Lage behält, so muß die Axe der Erde immer gegen diese

$2\frac{1}{2}$ bis 3 Millionen Meilen, nachher, als er der Sonne näher kam, beinahe 5 Millionen Meilen beobachtet.

Diese und ähnliche aus den Beobachtungen gezogene Folgerungen sprechen für die Behauptung, daß der Schweif mit der Annäherung zur Sonne zunimmt; aber ganz gewiß finden auch dabei abwechselnde und uns noch unerklärliche Veränderungen statt. Nicht allein sind manche der Sonne nahe kommende Cometen doch nicht mit großen Schweifen ausgestattet, welches vielleicht einem Mangel an hinreichender Masse, um den Stoff zum Schweife herzugeben, zuzuschreiben ist; sondern auch der Schweif eines und desselben Cometen nimmt bald ab und bald zu, so daß die Veränderungen entweder auf einer bei gleicher Entfernung ungleichen Einwirkung der Sonne, oder auf einer im Cometen selbst zuweilen eintretenden Ungleichheit beruhen müssen. Beispiele solcher Aenderungen gaben der Comet von 1577 und der von 1618, und mehrere andre.

Es fehlt uns bis jetzt ganz an sichrer Kenntniß, wovon diese Wechsel abhängen; indeß muß ich bemerken, daß Capocci und von Biela einen ungleichförmigen Einfluß der Sonne hiebei anzunehmen geneigt sind. Beide behaupten ganz deutlich, daß die Cometen sich uns dann mit den schönsten Schweifen zeigen, wenn zur Zeit ihrer Annäherung zur Sonne die leuchtende Materie der Sonne in unruhiger Bewegung ist, und sich viele Sonnenflecken zeigen; — und wenn dieß sich bestätigen sollte, so könnten auch wohl die ungleichen Erscheinungen des Schweifes eines länger erscheinenden Cometen von dem Zustande der Sonnen-Atmosphäre abhängen. — Doch ich kehre von diesen noch allzu sehr im Dunkeln liegenden Veränderungen zu der nähern Angabe dessen zurück, was wir mit einiger Sicherheit über die Schweife der Cometen sagen können.

Die allgemeine Beobachtung, daß die Schweife der Cometen sich immer nach der von der Sonne abgewandten Seite hin erstrecken, hat zu der Vermuthung Veranlassung gegeben, daß die Sonne auf die im Schweife sichtbare Materie eine abstoßende Kraft ausüben müsse, und da diese Vermuthung die Grundlage einer Rechnung geben kann, so ist es wohl der Mühe werth, etwas länger bei ihr zu verweilen. Wir müssen

hier offenbar die zwei Fragen zu beantworten suchen, welche Bahn jedes von der Sonne zurückgestoßene Schweiftheilchen durchläuft, und in welcher Anordnung die zu verschiedenen Zeiten vom Cometen aus gegangenen Theilchen sich uns in irgend einem Zeitpunkte zeigen.

Um die erste Frage zu beantworten, muß ich Sie an das erinnern, was ich schon früher bei Gelegenheit der Cometenbahnen bemerkt habe, daß die von der Sonne angezogenen Körper nicht bloß in Ellipsen und Parabeln, sondern auch in Hyberbeln um die Sonne laufen können. An diese Bemerkung schließt sich die Bestimmung der Bahn abgestoßener Körper an, welche gleichfalls eine Hyperbel ist, wenn man voraussetzt, daß auch die abstoßende Kraft der Sonne in der doppelten Entfernung nur ein Viertel, in der dreifachen Entfernung nur ein Neuntel u. s. w. dessen beträgt, was sie in der einfachen Entfernung war.

Die Hyperbel ist eine krumme Linie, die aus zwei von einander abgesonderten Stücken besteht. Ziehen Sie zwei grade, sich unter willkührlichem Winkel in A schneidende Linien AB, und AC, (Tab. VIII. Fig. 11.) und verlängern Sie diese auch jenseits A. Nehmen Sie nun die Entfernungen AD, DE, EF, FG, gleich groß auf einer der Linien, und ziehen durch jeden dieser Theilungspunkte grade, mit der andern Linie parallele, Linien und zwar so, daß DH der AD gleich, EI nur der Hälfte, FK nur dem Drittel, GL nur dem Viertel der DH gleich sei, und so immer fort dem zehnten Punkte nur ein Abstand, gleich dem Zehntel der AD entspreche: so liegen alle so bestimmte Punkte, H, I, K, L, auf dem einen Aste einer Hyperbel, welcher folglich sich immer näher an die Linie AB anschließt. Nimmt man dagegen Ad gleich der Hälfte der AD, und di doppelt so groß als AD; Ae gleich dem Drittel von AD, und ek gleich dem dreifachen der AD; Af gleich dem Viertel von AD, und fl gleich dem Vierfachen dieser AD, so erhält man den zweiten Ast der Hyperbel, welcher sich eben so an AC, wie der erste an AB anschließt. Der andre Theil PRS der Hyperbel wird genau eben so zwischen den Verlängerungen jener graden Linien

gezeichnet. Diese krumme Linie hat, so wie die Ellipse, zwei Brennpunkte, deren einer bei S wenig vom einen Scheitel H entfernt, der andre bei S wenig von dem andern Scheitel R entfernt liegt, und es läßt sich nun nach Gesetzen der Mechanik beweisen, daß ein von der Sonne S (in einem Brennpunkte) angezogner Körper bei einer gewissen anfänglichen Geschwindigkeit die Hyperbel PRS durchlaufen kann, und daß dagegen ein von der Sonne S abgestoßener Körper die andre Hälfte der Hyperbel QkHL durchlaufen muß. Man erhält verschiedene Hyperbeln, wenn man den Winkel CAB anders zeichnet, und jeder von der Sonne abgestoßene Körper kann, nach Maaßgabe seiner anfänglichen Geschwindigkeit, eine oder die andre dieser Hyperbeln durchlaufen, genau so, wie die Ellipsen mehr oder minder länglich seyn konnten, die ein angezogener Körper durchläuft. *) Diese Behauptungen, die freilich eines aus der Mechanik hergenommenen Beweises bedürften, werden Ihnen nun leicht Anleitung zu Beantwortung jener zwei Fragen geben. Es sei (Fig. 9.) S die Sonne, um welche der Comet in seiner Bahn DBCA von D nach A fortgeht. Wir können uns vorstellen, in jedem Zeitpunkte werde durch die abstoßende Kraft der Sonne ein Theilchen des Cometen fortgerissen, und dasjenige Theilchen, welches in D den Cometen verließ, durchlaufe die Hyperbel DdIE, dasjenige Theilchen, welches in B den Cometen verließ, durchlaufe die Hyper-

*) Die Ellipse, Parabel und Hyperbel sind nicht allein, so fern als sie Bahnen der um die Sonne laufenden Körper seyn können, verwandt, sondern sie besitzen auch die gemeinschaftliche Eigenschaft, daß sie Kegelschnitte sind. Ist nämlich (Tab. VIII. Fig. 10.) ein Kegel, den man erstlich nach der Richtung DE so schneidet, daß der Schnitte beide Seitenlinien CA, CB trifft, so erhält man eine Ellipse als Durchschnittslinie mit der Kegelfläche; wäre dagegen zweitens der Schnitt DFG parallel mit der Seitenlinie CB geführt, so würde die Durchschnittslinie FDG eine Parabel seyn; und endlich drittens erhält man eine Hyperbel, wenn die Ebne HDI so liegt, daß sie oberhalb C in BC einschneidet. Denkt man sich dann einen zweiten oberhalb C, dem bisher betrachteten Kegel gegenüber liegenden Kegel, so schneidet eben die Ebne HDI, welche hier den hyberbolischen Schnitt HDI giebt, auch dort ein, und giebt die zweite Hälfte der Hyperbel.

bel BK, dasjenige Theilchen, welches in C den Cometen verließ, durchlaufe die Hyberbel CL, und eben so sei für alle zwischen jenen Punkten liegenden Punkte die Bahn der losgerissenen Theilchen bestimmt. Sie übersehen leicht, daß man durch Rechnung muß bestimmen können, wohin jedes Theilchen gekommen ist in eben dem Augenblicke, wo der Comet in A ankömmt, und daß ALKI die wahre Gestalt des Schweifes darstellen muß, wenn jene Theilchen die Punkte I, K, L, eben dann erreichen, wann der Comet in A ankömmt. Ja Sie können sogar, ohne selbst zu rechnen, übersehen, nach welchen Grundsätzen die Stelle jedes Theilchens für jeden Zeitpunkt berechnet wird. Wenn Sie sich nämlich an das Keplersche Gesetz der gleichen Flächenräume um die Sonne erinnern, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden, so kann es Ihnen wohl nicht anders als ganz natürlich vorkommen, daß das in D losgerissene Theilchen, welches in D sich mit dem Cometen, folglich eben so schnell, als er, fort bewegte, einen Flächenraum DSI beschreibt, eben so groß, als der vom Cometen beschriebene Flächenraum DSACD; eben so ist der Flächenraum BSK dem Flächenraume BSACB, der Flächenraum CSL dem CSAC gleich, und dadurch erhalten wir die ganze Reihe von Punkten, in welchen die nach und nach vom Cometen ausgegangnen Schweiftheilchen dann sind, wann der Comet in A ankömmt, oder wir erhalten die Gestalt des Schweifes.

Die nach dieser Hypothese genau angestellten Berechnungen geben über mehrere Erscheinungen ganz richtigen Aufschluß. Sie zeigen, warum der Schweif allemal etwas gekrümmt, und zwar so gekrümmt ist, daß er hinter dem Cometen A zurück zu bleiben scheint; sie geben einen Grund an, warum der Schweif nach der Sonnennähe sich verlängert; ja man kann auch die Ausbreitung des Schweifes gegen das vom Cometen entferntere Ende hin, durch eine gleich zu erwähnende Ueberlegung ganz wohl erklären.

Die 12te Figur Tab. X. giebt dieses alles noch etwas genauer an. Hier stellt nämlich cADI die Cometenbahn vor, auf welcher der Comet, nach Angabe der gleichen Sectoren, in eben so vieler Zeit von c nach A läuft, als er nöthig hat,

von A nach D und von D nach I zu kommen. Es läßt sich nun aus dem Vorigen leicht zeigen, daß cC, bB, AHh', gGg', fFf', eE, DN, mM, lL, kK, die Hyperbeln sind, welche von den in c, b, A, g, f, e, D, m, l, k, vom Cometen losgerissenen Schweiftheilchen durchlaufen werden, und daß das Theilchen c in C, das Theilchen b in B angekommen ist, in dem Augenblicke, da der Comet in A ankömmt. ABC würde also den Schweif des Cometen einige Zeit vor der Sonnennähe vorstellen, wenn uns alle Schweiftheilchen sichtbar blieben, die, seit der Comet von c ausging, diesen verlassen haben. Eben so würde von den in eben so langer Zeit vom Cometen ausgegangenen Theilchen, der Schweif DFGH gebildet, wenn der Comet in der Sonnennähe ankömmt, und IKLMN würde der Schweif seyn, den der Comet einige Zeit nach der Sonnennähe haben sollte, wenn auch hier die sämmtlichen, in so langer Zeit losgerissenen Theilchen uns sichtbar blieben. Daß dieß nicht ganz der Fall seyn kann, läßt sich nun wohl leicht übersehen; denn die während der Bewegung durch Dm losgerissenen Theilchen sind in dem langen Raume MN vertheilt, wenn der Comet in I ankömmt, und es läßt sich wohl vermuthen, daß sie dadurch zu sehr zerstreut seyn mögen, um noch sichtbar zu seyn. Nimmt man aber auch hierauf Rücksicht, und berechnet, wie groß etwa die Menge der in einem bestimmten Stücke des Schweifes zusammengedrängten Schweiftheilchen seyn kann, und wie etwa die Lichtstärke dieses Stückes darnach bestimmt werden könnte, so findet man doch, daß vor der Sonnennähe der in A stehende Comet nur einen kurzen Schweif haben kann, indem sich hier die Theilchen sehr nahe zusammendrängen; nicht ganz so zusammengedrängt in der Nähe des Cometen, aber bis auf größere Entfernungen gleichförmiger an Dichtigkeit muß der Schweif um die Zeit der Sonnennähe erscheinen, und da man überdieß mit gutem Grunde ein stärkeres Ausströmen der Schweifmaterie annehmen darf, wenn die nähere Sonne stärker einwirkt, so ließe sich der längere und hellere Schweif recht wohl erklären. Diesen Betrachtungen gemäß würde man in der Sonnennähe den ganzen bis an F gehenden Schweif DF

ungefähr eben so hell in seiner ganzen Ausdehnung annehmen müssen, als es der kurze Schweif A B vor der Sonnennähe war, und als es ein, nicht viel über K hinausreichender Schweif IK nach der Sonnennähe seyn würde. Auch die gegen das Ende hin statt findende Ausbreitung des Schweifes, indem er etwa wie prDsq aussieht, ließe sich hiernach wohl erklären, da der Comet selbst die Schweiftheilchen von sich abzustoßen, und eben dadurch die ihm vorausgehenden Theilchen etwas zu beschleunigen, die hinter ihm zurückbleibenden etwas aufzuhalten scheint; dadurch aber eine solche Verschiedenheit entstehen kann, daß die in f von ihm ausgegangnen Theilchen theils voraus eilend bis q, theils zurückbleibend nur bis p gekommen sind, und daher einen der Breite nach von p bis q ausgedehnten Schweif darstellen.

Aber dieser Uebereinstimmung ungeachtet, die wir zwischen Theorie und Erfahrung finden, muß doch der Hypothese noch etwas Wesentliches fehlen, indem einige andre beobachtete Umstände ihr nicht entsprechen. Die Mittellinie des Schweifes nämlich soll nach unsrer theoretischen Bestimmung zwar zurückgebeugt seyn, aber dennoch sollen die Theilchen, die dem Cometen am nächsten sind, ganz genau der Sonne gegenüber liegen; dagegen scheinen die Beobachtungen sehr deutlich darauf hin zu weisen, daß selbst die nächsten Theilchen schon etwas zurückbleiben, grade so, als ob sie einen Widerstand litten, der ihnen, sogleich wenn sie den Cometen verlassen haben, nicht erlaubte, diesem mit gleicher Geschwindigkeit zu folgen. Ob wir Grund haben, einen solchen Widerstand anzunehmen, darauf komme ich noch bei einer andern Gelegenheit zurück; — wenn wir ihn annehmen, so wird die Berechnung der Gestalt des Schweifes sehr viel schwieriger. Daß die Theorie über die unregelmäßig wechselnden Aenderungen in der bald größern, bald geringern Länge des Schweifes keine Erklärung giebt, übersehen Sie leicht, und eben so wenig zeigt sie uns, warum die Zurückbeugung bald auf kurze Zeit größer, bald geringer ist. Hier bleibt also noch viel zu fragen und zu untersuchen übrig; aber es läßt sich für jetzt kaum hoffen, daß wir in diesen Untersuchungen

befände, dort aber nicht die größte mögliche Elongation erlangt hätte, indem für ihre Stellung in C der Winkel A L c noch größer als A L C seyn würde; B C D ist also nicht die richtige Bahn. Die richtige Bahn läßt sich hier leicht dadurch finden, daß man von dem Orte L der Erde eine Linie L M senkrecht auf A M zieht, diese trifft den Ort der Venus, wo sie uns in M in der größten Entfernung von der Sonne erscheint; denn keine von L an den Kreis M F, den wir jetzt als Venusbahn kennen lernen, gezogne Linie kann mit der Richtung L A einen größern Winkel als L M machen, und die Venus hat also, wofern sie sich auf dem Kreise E M F bewegt, wirklich in M ihren größten Abstand von der Sonne erreicht.

Diese Hülfsmittel reichen bei allen Planeten aus, um die Größe ihrer Bahnen hinreichend, und bei genau angestellten Beobachtungen auch genau zu bestimmen. Ständen uns keine andern Hülfsmittel zu Gebote, so würden wir wenigstens, indem wir bei den obern Planeten um die Zeit jeder Opposition beobachteten, und indem wir bei den untern Planeten um die Zeit der größten Elongationen oft wiederholt diese Bestimmung erneuerten, eine Art von mittlerer Bestimmung erhalten, die wir als die mittlere Entfernung des Planeten ansehen könnten. Die Ungleichheiten, zu denen jede einzelne dieser Beobachtungen führt, würden wir dann als Ungleichheiten in der Bewegung oder als Abweichungen der Bahn von einem genauen Kreise ansehen, und deren nähere Untersuchung uns für die Folge vorbehalten müssen.

Ein wesentliches Stück scheint uns zwar bei diesen Bestimmungen noch zu fehlen, nämlich die wahre Entfernung der Erde von der Sonne, aber diese zu finden, hat mehr Schwierigkeit, als die genauere Berechnung der Planetenbahnen. Ich begnüge mich daher jetzt damit, nur zu zeigen, wie man die Verhältnisse der Bahnen aller Planeten bestimmt, und muß erst in der Folge den Maaßstab zu dem Gemälde, welches wir so von unserm Sonnensystem entwerfen, aufzufinden suchen. In der That ist auch, selbst bei dem jetzt so sehr vollkommenen Zustande der Astronomie, zwar das Ver-

Schichte stößt. Dieser Umstand, daß die helle Materie des Schweifes von dem Cometen selbst entfernt lag, gab Olbers Veranlassung zu der Vermuthung, daß auch der Comet selbst diese Materie von sich zurückstoße, und daß, wie es dann wohl nothwendig der Fall seyn muß, der Scheitelpunkt B dieser leuchtenden Umhüllung (Tab. VIII. Fig. 4.) gegen die Sonne hin, und zwar da liegen muß, wo die abstoßende Kraft der Sonne eben so stark ist, als die abstoßende Kraft des Cometen. Es läßt sich wohl einsehen, daß bei manchen Cometen, wenn sie gleich eben die abstoßende Kraft besitzen, dennoch vielleicht kein solcher leerer Zwischenraum sichtbar wird, nämlich dann, wenn jene Kraft nicht stark genug ist, um den leeren Zwischenraum groß genug zu machen, damit er uns aus unserm entfernten Standpunkte kenntlich sei. Die vom Cometen aufsteigenden Theilchen werden dann offenbar in der ganzen Oberfläche des Schweifkegels gegen H und K hin fortgeführt, oder vielmehr, wenn man ihre Bewegung in Beziehung auf Sonne und Cometen so wie vorhin verfolgt, wird man sie in dieser Schweifhülle in immer zunehmenden Entfernungen vom Cometen auffinden. Und hier erhellt nun wohl der Grund, warum ich vorhin (Tab. X. Fig. 12.) dem Schweife prDsq eine gewisse Breite beilegte; denn die gegen B hin immer neu vom Cometen aufsteigenden Theilchen drängen sich gewiß nach allen Seiten fort, einige eilen dem Cometen vor, einige bleiben hinter dem Cometen zurück, und bilden dadurch das in die Breite ausgedehnte Schweifconoid, dessen Form sich noch genauer würde bestimmen lassen, wenn wir über die hier wirkenden Kräfte schon ganz genau unterrichtet wären.

Dieses mag hinreichen, um Sie mit den Bestimmungen bekannt zu machen, welche uns durch Theorie zu erhalten etwa möglich seyn möchte; das nächste Mal werde ich Sie mit einigen Nachrichten von wirklich beobachteten Cometen unterhalten.

Vierzigste Vorlesung.

Die Geschichte derjenigen Cometen, m. h. H., welche durch anffallenden Glanz die Augen der Beobachter auf sich gezogen haben, enthält so viel Anziehendes, daß ich wohl hoffen dürfte, Ihre Aufmerksamkeit zu fesseln, wenn ich auch länger bei der Erzählung der von ihnen dargebotenen Erscheinungen verweilte, als es mir dem Zwecke dieser Darstellung der Phänomene des Himmels angemessen scheint. Aus den älteren Beobachtungen, die uns oft nur durch schlecht unterrichtete Chronikenschreiber aufbehalten sind, und in deren Erzählung man oft mehr die Ansicht eines mit Schrecken und Erstaunen erfüllten Zeitalters, als die genaue Aussage wirklicher Beobachtungen erkennt, will ich gar nichts mittheilen, da es so schwer ist, hier die wirklichen Beobachtungen von dem zu unterscheiden, was die Phantasie hinzufügte. Daß die letztere sehr oft auf die Erzählung ihren Einfluß geäußert habe, ja daß zuweilen die Wahrheit so verunstaltet ist, daß man gar nicht weiß, was man davon halten soll, davon überzeugt man sich am besten, wenn man Lubienitzky's Geschichte aller Cometen durchblättert, wo zum Beispiel erzählt wird, im Jahre 1000 unsrer Zeitrechnung sei aus einer Oeffnung des Himmels eine brennende Fackel mit langem blitzendem Schweife herabgefallen, und als sich die Spalte des Himmels allmählig verlor, sei eine Figur mit einem Schlangenkopfe und mit blauen Füßen gesehen worden; dieses erdichtete Thier ist sogar dort abgebildet, und man findet dort viele ähnliche Nachrichten, die ganz unglaublich sind, gesammelt.

Einer der ersten von einem Astronomen beobachteten Cometen ist der schöne Comet vom Jahr 1472. Er ging in der Entfernung von 1 Million Meilen bei der Erde vorbei, und zeigte seinen 4 bis 5 Millionen Meilen langen Schweif in einer recht vortheilhaften Stellung. Im Jahre 1531 wurde der Comet,

welcher schon 1456 mit einem langen Schweife beobachtet war, wieder beobachtet; er ist nachher noch dreimal wieder erschienen. Er wurde dießmal vor der Sonnennähe beobachtet, und hatte einen Schweif von 3 Millionen Meilen. Ein vorzüglich schöner Comet war der von Tycho, Möstlin, und andern beobachtete, im Jahre 1577. Dieser Comet war in seiner Sonnennähe nur $3\frac{3}{4}$ Millionen Meilen von der Sonne entfernt, und wurde 18 Tage nach seiner Sonnennähe am 13. Nov. zuerst beobachtet. Er würde sich noch schöner gezeigt haben, als es wirklich der Fall war, wenn er sechs Wochen früher die Punkte seiner Bahn erreicht hätte, wo er sichtbar ward; denn die Erde entfernte sich schon sehr von der Gegend, wo der Comet in seiner Bahn oberhalb der Erdbahn vorbeiging. Die Länge des Schweifes betrug in den ersten Tagen 5 Millionen Meilen. Der Schweif muß von ungewöhnlichem Glanze gewesen seyn, da er sogar bei Tage zu sehen gewesen ist, und vorzüglich war die vorangehende Seite schön glänzend; — ein Umstand, der öfter beobachtet ist, und der wohl Veranlassung zu dem Gedanken geben kann, die hier am meisten Widerstand leidende Materie des Schweifes dränge sich mehr zusammen als in andern Theilen desselben. Seine Länge nahm zu, und er erhielt einige Tage später einen 2 Millionen Meilen langen Nebenschweif; die Breite des Hauptschweifes aber betrug gegen das Ende hin 700000 Meilen. Am 10. Dec. muß der Schweif über 8 Millionen Meilen lang gewesen seyn, und eben so lang, eher noch länger, muß er bis gegen das Ende des Jahres geblieben seyn. Aber die Erde entfernte sich stark von dem Cometen, während er in der entgegengesetzten Richtung von der Sonne forteilte, und daher endigen sich sehr bald die Beobachtungen, um die Zeit, da der Comet noch kaum doppelt so weit, als die Erde, von der Sonne entfernt war.

Unter den folgenden Cometen, die nicht so ausgezeichnet groß waren, erwähne ich den von 1607 nur darum, weil er eben der öfter beobachtete Comet ist, dessen mehrmalige Erscheinung Halley erkannte, und der daher unter dem Namen des Halleyschen Cometen bekannt ist. Er erschien jetzt unter

um welchen die Erde täglich in ihrer Bahn weiter gerückt ist; hieraus aber läßt sich leicht die ganze Bahn der Erde in richtigen Verhältnissen zeichnen. Trägt man nämlich (Fig. 53.) die Winkel BAC, CAD, DAE, so groß auf, als es das Fortrücken der Sonne in den Monaten Januar, Februar, März fordert, und fährt man so für alle Monate fort; nimmt man dann die Entfernungen AB, AC, AD, dem scheinbaren Durchmesser der Sonne an den Tagen, da die Erde in B, C, D, stand, umgekehrt proportional, (weil die Sonne kleiner erscheint, wenn unsre Entfernung von ihr größer ist,) so hat man richtig bestimmte Punkte eines Bildes der Erdbahn, und brauchte nur eben so für alle einzelne Tage und durchs ganze Jahr zu rechnen, um alle Stellungen der Erde ganz genau anzugeben. Man würde dadurch den Abstand der Sonne vom wahren Mittelpunkte der Erdbahn kennen gelernt, und sogleich das merkwürdige Gesetz gefunden haben, daß die Flächenräume, welche, wie BAC von zwei Radien und dem Bogen BC eingeschlossen werden, in gleichen Zeiten gleich sind, und so weiter. *) Aber so leicht konnte Kepler nicht in seinen Schlüssen fortschreiten.

Um seine Schlüsse nur so weit, als es, ohne in alle Schwierigkeiten des Gegenstandes einzudringen, möglich ist, darzustellen, werden folgende Betrachtungen zureichen. Da Tycho eine Reihe von Oppositionen des Mars mit großer Genauigkeit beobachtet hatte, so ließ sich erstlich, wie Sie schon neulich gesehen haben, die ganze Umlaufszeit des Mars um die Sonne bestimmen, dann aber auch angeben, in welchen Zeiten er die einzelnen Stücke seiner Bahn durchlaufe.

Bei der Opposition nämlich sehen wir von der Erde aus den Planeten beinahe genau bei eben dem Sterne, bei welchem er von der Sonne aus erscheinen würde, und wenn gleich zwei zunächst auf einander folgende Oppositionen nicht zureichen, um die ganze Umlaufszeit genau zu finden, so geben sie doch, wenn man die Umlaufszeit einmal kennt, die genaue Zeit an,

*) Fig. 44. zeigt eine eben solche Bestimmung der Mondbahn.

in welcher der Planet den Raum durchläuft, der zwischen den zwei Punkten liegt, wo er das vorige Mal und das letzte Mal zur Opposition gelangte. Tycho's Beobachtungen gaben also feste Bestimmungen der Zeiten, in welchen verschiedene Theile der Bahn durchlaufen würden, an, und indem Kepler diese Theile so zerlegte, wie es der aus den Beobachtungen folgenden Ungleichheit der Bewegung gemäß schien, so befand er sich im Stande, ziemlich gut den Ort, wo an jedem Tage der Mars in seiner Bahn stehe, anzugeben. Ins besondere ließ sich, da die ganzen Umläufe immer gleiche Zeiten forderten, der Zeitpunkt ganz genau angeben, da Mars zu eben dem Punkte seiner Bahn, wo er irgend einmal beobachtet war, zurückkehrte; und diese Kenntniß benutzte Kepler, um die Abstände der Erde von der Sonne in den verschiedenen Punkten ihrer Bahn genau zu bestimmen. War zum Beispiel D (Fig. 55.) ein solcher Punkt der Marsbahn, so kannte man für diesen aus früher beobachteten Oppositionen die heliacentrische Länge, oder wußte, wo ein Sonnenbewohner den Planeten zu dieser Zeit sehe; aber auch der heliocentrische Ort der Erde B ist allemal aus der Beobachtung der Sonne bekannt, indem der Sonnenbewohner die Erde genau dem Punkte gegenüber erblickt, in welchem wir die Sonne sehen. Daraus kannte man in dem Dreieck, welches Sonne, Erde und Mars bildete, den Winkel BAD; die Beobachtung ergab aber auch den scheinbaren Abstand des Mars von der Sonne oder den Winkel ABD, und dadurch war das Verhältniß der Entfernungen AD, AB gegeben, das heißt, der Standort der Erde konnte nicht in b seyn, wenn AD den Abstand des Mars von der Sonne vorstellte, indem sonst der Winkel nicht die beobachtete Größe ABD hätte haben können, sondern so groß wie AbD hätte gefunden werden müssen. Eine eben solche Beobachtung, auf eben die Stellung des Mars bei D gerichtet, konnte nach einem neuen Umlaufe des Mars wiederholt werden, wenn sich die Erde nicht völlig zwei Jahre später in F befand, und man erhielt einen neuen Halbmesser AF der Erdbahn, so daß durch eine Reihe so zusammengestellter Beobachtungen, wozu Tycho's Beobachtungen Gelegenheit genug gaben, die Verhältnisse aller Radien der

Erdbahn angegeben wurden, und, das hervorging, was ich Ihnen so eben in Fig. 53. darstellte. Diese Bestimmungen hatten zwar nicht den Grad von Genauigkeit, daß daraus sich die geringe Abweichung der Erdbahn vom Kreise bestimmen ließ; aber das wichtige Gesetz, welches den Namen des ersten Keplerschen Gesetzes erhalten hat, daß die von Radius beschriebenen Flächen in gleichen Zeiten gleich sind, oder daß die Flächenräume, BAC, CAD, DAE und so ferner, sich wie die Zeiten verhalten, in welchen die Erde von B nach C, von C nach D, von D nach E gelangt, wurde auf diese Beobachtungen gegründet. Dieses Gesetz machte eine genauere Vorausberechnung der Stellungen der Erde in ihrer mit ungleicher Geschwindigkeit durchlaufenen Bahn möglich, und die Beobachtungen des Mars konnten nun auf eine neue Art zu Berechnung der Abstände des Mars von der Sonne angewandt werden.

Sie können sich die Untersuchung so vorstellen, als ob die Beobachtungen, bei welchen Mars sich in D, (Fig. 55.) befand, ganz allein zu jenen Bestimmungen gedient hätten, so daß aus einer großen Zahl von Umläufen des Mars, und aus seiner jedesmaligen Wiederkehr nach D, die Abstände der Erde von der Sonne in allen Theilen ihrer Bahn berechnet wären. Nahm man dann aus den übrigen zahlreichen Beobachtungen des Mars solche heraus, bei welchen des Planeten heliocentrischer Ort E ein andrer, aber wieder genau bekannt war, so ließ sich, weil man nun die Stellung F der Erde zur Zeit der Beobachtung genau kannte, aus dem Winkel AFE, der wahre Abstand AE des Mars von der Sonne finden. Diese, in allen verschiedenen Stellungen des Mars in seiner Bahn, angewandte Methode, zeigte nicht allein, daß auch der Mars nicht so um die Sonne laufe, daß die Sonne den genauen Mittelpunkt seiner Bahn einnehme, und daß auch seine Bewegung jenem Gesetze der gleichen Flächenräume gemäß sey, sondern auch, daß seine Bahn merklich von einem Kreise abweiche. Zeichnete man nämlich die beiden, einander gerade gegenüber liegenden Abstände auf, welche sich als größter und als kleinster Abstand des Mars von der Sonne fanden, halbirte diese Durchmesser der Bahn und zog einen Kreis, von dessen Mittelpunkte also

die Sonne um etwas entfernt stand, so fand sich, daß der Mars, wenn er sich ungefähr mitten zwischen jenen Stellungen des größten und kleinsten Abstandes befand, der Sonne näher war, als es auf dem Kreise der Fall seyn konnte, oder daß die Marsbahn eine ovale Gestalt hatte, deren längster Durchmesser mit der Apsidenlinie, das ist, mit derjenigen Linie zusammenfiel, in welcher der Planet seine größte Entfernung von der Sonne, sein Aphelium an der einen Seite, seine kleinste Entfernung, sein Perihelium an der andern Seite erreichte. Mühsame Vergleichungen und Berechnungen vieler Beobachtungen führten Kepler zu dem zweiten nach ihm genannten Gesetze, daß die Bahn eine Ellipse sey, eine Linie, deren Eigenschaften schon in frühern Jahrhunderten von Apollonius untersucht waren, und deren Kenntniß jetzt einen practischen Nutzen gewährte, an welchen bei jenen frühern, rein theoretischen Untersuchungen nicht gedacht war.

Diese krumme Linie, welche nicht allein mit der Bahn des Mars übereinstimmt, sondern die sich als den wahren Bahnen aller Planeten entsprechend gezeigt hat, verdient es wohl, daß ich einige Augenblicke bei ihr verweile. Um sie zu zeichnen, bedient man sich am besten eines in zwei Punkten A, B (Fig. 54.) festgeknüpften Fadens, in welchem ein zum Zeichnen dienlicher Stift C so gehalten wird, daß die beiden Theile AC, BC des Fadens immer gespannt bleiben. Rückt man hier den Stift, während die beiden Theile des Fadens immer gespannt bleiben, so von C nach F, nach G fort, wie der Faden es erlaubt, so kann man die ganze Hälfte ECFGD der Ellipse, und auf ähnliche Weise die andere Hälfte zeichnen. Die Ellipse hat also die Eigenschaft, daß für jeden Punkt C, F, G, D in ihrem Umfange, die beiden nach den festen Punkten A, B gezognen Linien zusammen immer gleich viel, nämlich so viel, als die ganze Länge des Fadens, betragen. Diese beiden Punkte heißen die Brennpunkte der Ellipse. Es ist leicht zu übersehen, daß man um eben dieselben Brennpunkte sehr verschiedene Ellipsen zeichnen kann; denn wenn der Faden länger ist, so wird die Ellipse in Verhältniß gegen ihren längsten Durchmesser, welcher ihre große

Axe heißt, breiter werden, sich mehr dem Kreise nähern. Die Ellipse unterscheidet sich immer vom Kreise, aber sie kann mehr oder minder oval ausfallen, und dennoch immer die eben erwähnte Haupteigenschaft der Ellipse besitzen, und in der That sind auch die Planetenbahnen sehr verschieden in Rücksicht auf diese ovale Form, und gleichwohl sämmtlich Ellipsen. In dem einen Brennpunkte der Planetenbahnen steht die Sonne, und jeder Planet durchläuft seine Bahn so, daß die Flächenräume FAG den Zeiten proportionel sind. Stellt also EF GDFE die Erdbahn vor, die freilich sich nicht so sehr, wie ich es hier gezeichnet habe, vom Kreise entfernt, so hätte man nur nöthig den ganzen Flächenraum der Ellipse durch Linien, von der Sonne A ausgehend, in 365 gleiche Theile (eigentlich $365\frac{1}{4}$ gleiche Theile) zu zerlegen, so hätte man die ungleichen Bogen, welche die Erde täglich durchläuft, richtig angegeben. Hier also zeigt sich das Gesetz genauer bestimmt, welches wir schon früher obenhin angedeutet fanden, daß die Erde sich langsamer bewegt, wenn sie weit von der Sonne entfernt ist, schneller, wenn sie der Sonne näher ist, nämlich so, daß (Fig. 60.) AB, DE in gleichen Zeiten durchlaufen würden, wenn ABDE die Bahn der Erde wäre. Hier ist dieß Gesetz also so bestimmt, daß man darnach den jedesmaligen Ort der Erde vorausberechnen, und jede Beobachtung zur Prüfung, ob die Rechnung richtig zutrifft, mit der größten Schärfe anwenden kann.

Das Wenige, was ich hier über Keplers unschätzbare Bemühungen gesagt habe, reicht zu, um Ihnen zu zeigen, auf welchem Wege diese Kenntnisse von der genauen Anordnung unsers Sonnensystems gefunden werden konnten; ich hoffe, daß Sie mit Ueberzeugung eingesehen haben, daß so eine strenge Ausmessung der Planetenbahnen ausgeführt werden konnte; und daß man in jeder neuen Beobachtung ihre Bestätigung finden konnte; aber Keplers ganzes Verdienst Ihnen zu entwickeln, ist mir dennoch hier nicht möglich. Um dieses zu thun, müßte ich mit größerer Sorgfalt und rechnend auseinander setzen, wie sich sein unermüdlicher Fleiß zuerst in der sorgfältigen Berechnung der Beobachtungen zeigte, wie er diese dann auf die

einem genauern Beobachter eben so ein den Cometen selbst umgebendes Conoid gezeigt haben möchte, wie es bei dem Cometen von 1811 der Fall war. Der Schweif erschien im Ganzen ziemlich blaß, und soll zwar an Größe, aber nicht an Glanz den von 1811 übertroffen haben.

Dieser Comet von 1811 war nach einem vierzigjährigen Zeitraume der erste, der sich wieder als schön geschweift zeigte. Nach ihm zog 1819 im Sommer ein Comet, dessen Schweif nur in den ersten Tagen seiner Sichtbarkeit ziemlich ansehnlich war, die Aufmerksamkeit auf sich. Schöner aber war der von 1825, dessen Schweif jedoch bei einer bedeutenden Länge ungemein schwach an Licht erschien.

Ich habe hier die Cometen übergangen, die bei geringerer Größe doch dem genauern Beobachter etwas Merkwürdiges darboten, und werde auf diese noch zurückkommen. Um aber diese Beobachtungen über die einzelnen Theile der Cometen nicht zu vereinzelt mitzutheilen, will ich die Bemerkung voranschicken, daß es eigentlich drei verschiedene Gegenstände sind, welche wir bei der Untersuchung über die Natur der Cometen jeden besonders betrachten können: der eigentliche Kern des Cometen, seine Atmosphäre, und sein Schweif.

Wenn wir unter dem Kerne des Cometen einen festen Körper, den Planeten ähnlich, verstehen, so ist es sehr die Frage, ob alle Cometen einen Kern haben. Herschel, Olbers, und andre Beobachter stimmen darin überein, daß man bei manchen Cometen nichts habe entdecken können, das einem festen Körper ähnlich sah, sondern daß der um die Mitte etwas hellere Comet doch nur einem dort mehr verdichteten Dunste glich. Diese Behauptung findet eine Bestätigung in der mehrmals angestellten Beobachtung eines Vorüberganges des Cometen vor einem Fixsterne, indem der Fixstern sich bei mehreren solchen Beobachtungen nicht bloß durch die Nebelhülle des Cometen zeigte, sondern selbst da noch sichtbar blieb, als seine Strahlen durch die Mitte dieses Nebels zu uns gelangen mußten, also durch den Ort, wo nach aller Wahrscheinlichkeit der feste Körper im Cometen sich befinden mußte, wenn einer da war. Indeß ist es vielleicht darum nicht nöthig, das

Daseyn eines solchen Körpers ganz zu leugnen, indem er so klein seyn kann, daß er selbst unter so günstigen Umständen sich nicht zeigte; und diese Kleinheit ist um so weniger unwahrscheinlich, da selbst die Cometen, in welchen man einen ziemlich gut begrenzten Kern entdeckt hat, oft nur einen kleinen Kern hatten. So war zum Beispiel der von Schröter im Cometen von 1798 beobachtete Kern nur 27 Meilen im Durchmesser, und dennoch schloß Olbers aus seinem matten Glanze, daß auch dieser Kern noch nicht ein fester Körper seyn könne, indem ein Planet, selbst bei so kleinem Durchmesser, mehr Licht zurückgeworfen hätte. In dem Cometen, welcher im December 1805 erschien, und zu jener Zeit nicht völlig eine Million Meilen von der Erde entfernt war, konnte Schröter nur einen Kern von 30 Meilen im Durchmesser entdecken, und auch dieser war durch den ihn umgebenden Nebel nur mit Schwierigkeit zu erkennen.

Auch die in den glänzendern Cometen als dichtere Massen durchschimmernden Kerne sind oft von sehr geringer Größe, indem die Nebelhülle und der Schweif fast allein sie mit dem schönen Glanze ausstatten. In dem so schön glänzenden Cometen von 1811 konnte Herschel doch nur einen Kern von 93 Meilen Durchmesser entdecken, und selbst nach Schröters Angaben, der nicht mit Unrecht bemerkt, daß eine so aus Nebel hervorschimmernde, halb verdeckte Kugel wohl größer sei, als unsre Abmessung sie angiebt, bleibt man doch ungewiß, ob man ihn größer als die Erde annehmen kann.

Andre Cometen haben deutlichere Kerne gezeigt. Unter den ältern scheint man dieß von dem 1618 in Europa beobachteten großen Cometen sagen zu dürfen, in welchem, nach Keplers Erzählung, ein Beobachter einen Kern so schön hervorglänzen sah, wie Gold glänzt, wenn es in heftigem Feuer geschmolzen wird. Unter den neuern Cometen sind die von 1799, 1807, und der zweite von 1811 durch ihre körperliche Größe ausgezeichnet gewesen. Des ersteren Durchmesser giebt Schröter 373 Meilen, des zweiten Durchmesser 1000 Meilen an, und von dem dritten, welcher noch mit dem großen Cometen zugleich am Himmel stand, bemerkt Herschel,

daß er fast ganz Kern war, wenig Nebel um sich, und einen Durchmesser von 570 Meilen hatte. So groß hatte Herschel den von 1807 nicht gefunden, sondern es trat bei diesem eine eben solche Verschiedenheit der Angaben, wie bei den Planeten Ceres, Pallas und Juno ein, von denen Herschel glaubte, Schröter habe ihren festen Körper zu groß angegeben.

Daß diese Kerne, wofern sie wirklich feste Körper sind, wenigstens keine so starke Zurückwerfung des Lichtes zeigen, als die Planeten, kann man wohl mit Sicherheit sagen. Denn der Comet von 1807 hatte nach Schröters Abmessung einen scheinbaren Durchmesser von eben der Größe, wie Mars ihn zeigt, wenn er 100 Grade von der Sonne steht; da er nun der Sonne viel näher war, so hätte sein gesammter Glanz etwa doppelt so stark als der des Mars in dieser Stellung seyn müssen, aber das war keinesweges der Fall; und eben so ergiebt sich auch bei andern Cometen ein viel schwächeres Licht, als ein Planet von gleichem Durchmesser in gleicher Stellung zeigen würde.

Die beste Gelegenheit, zu sehen, ob in den Cometen etwas Undurchsichtiges sei, hätte bei den zwei Cometen statt gefunden, die ohne Zweifel vor der Sonne vorbei gegangen sind; aber der eine hatte seinen Vorübergang schon gemacht, ehe man etwas von ihm wußte, und der andre scheint bei so ungünstigem Wetter durch die Sonne gegangen zu seyn, daß man ihn nicht beobachten konnte. Der Comet von 1819 nämlich, der sich kurz nach seiner Zusammenkunft mit der Sonne auch dem bloßen Auge recht schön zeigte, mußte, nach der aus den Beobachtungen gefundenen Bahn, nach Olbers Berechnung, am 26. Juni Morgens vor der Sonne vorbei gegangen seyn, und da Olbers von ihm bemerkt, daß er sich so sehr durch seinen hellen, Planeten ähnlichen Kern auszeichnete, so hätte er sich, mehr noch als andre Cometen, als dunkler Fleck auf der Sonne zeigen sollen. Aber der Comet war am 26. Juni noch nicht entdeckt, und obgleich, wie man nachher erfahren hat, recht viele Beobachter an diesem Tage die Sonne betrach-

Stellung des Mondes ganz genau die eine Hälfte der uns zugewandten Seite erleuchtet erscheint; zu dieser Zeit ist also BCA ein rechter Winkel. Beobachtet man nun in dem Augenblicke, wo diese Stellung genau statt findet, den scheinbaren Abstand des Mondes von der Sonne, oder den Winkel CBA, so läßt sich daraus durch Zeichnung oder Rechnung das Verhältniß der Entfernungen BC, AB finden, und da wir den Abstand des Mondes von der Erde BC, genau genug kennen, so erhalten wir daraus auch die Entfernung der Sonne. Diese Methode, welche uns die Parallaxe BAC der Sonne, wenn sie zugleich vom Monde und von der Erde aus gesehen würde, angäbe, würde, wenn sie nur genau ausführbar wäre, uns die Entfernung der Sonne von der Erde etwa 400mal so groß als die Entfernung des Mondes von der Erde zeigen; aber ihre Anwendung hat darum Schwierigkeit, weil es nicht gut möglich ist, im Beobachten des allmählig zunehmenden oder abnehmenden Mondes genau den Augenblick wahrzunehmen, wo er halb erleuchtet erscheint, und wenn dieser Augenblick auch nur um 5 Minuten unrichtig angenommen würde, so käme jener parallactische Winkel um 2 bis 3 Minuten fehlerhaft heraus, und dadurch würde die Entfernung der Sonne um ein Viertel zu groß oder zu klein gefunden werden. *)

Wegen der Unvollkommenheit dieser Mittel haben die neueren Beobachter Erscheinungen aufgesucht, die mit mehr Sicherheit zum Zwecke führen könnten. Die Beobachtung der Parallaxe des Mars ist dazu in Vorschlag gebracht, und auch wirklich angewandt worden; denn da der Mars, wenn er der Erde am nächsten kommt, nur halb so weit als die Sonne von uns ist, so kann man seine Parallaxe, die alsdann ungefähr das doppelte der Sonnenparallaxe ist, mit etwas mehr

---

*) Uns, die wir schon die Entfernung der Sonne und des Mondes anderswoher kennen, ist es freilich möglich, die Zeit des Mondsviertels, oder da der Mond halb erleuchtet ist, genau anzugeben; aber hier wird gefordert, daß dieß bloß aus der Beobachtung, des nun gerade halb erleuchteten Mondes geschlossen werde.

Sicherheit anwenden, um die Entfernung des Mars von uns in jenem Zeitpunkte zu bestimmen; daraus aber läßt sich dann auch die Entfernung der Sonne finden, weil das Verhältniß der Abstände in jedem Augenblick sehr genau bekannt ist. Aber auch diese Beobachtung gestattet bei Entfernungen, die Millionen von Meilen betragen, noch nicht die gewünschte Genauigkeit.

Eine viel größere Genauigkeit in der Bestimmung der Entfernung der Sonne, erhält man durch die Vorübergänge der Venus vor der Sonne, auf deren Anwendbarkeit zu diesem Zwecke Halley zuerst die Astronomen aufmerksam machte. Diese Durchgänge verdienen daher wohl, daß ich etwas länger bei ihnen verweile.

Sie übersehen leicht, daß die Venus, eben so gut wie der Mond, bei ihren Conjunctionen uns wohl vor der Sonne selbst erscheinen kann; denn wenn die Venus gleich, weil ihre Bahn gegen die Ebne der Erdbahn geneigt ist, nicht immer in der Ecliptik bleibt, und eben deshalb zuweilen oberhalb, zuweilen unterhalb der Sonne vorbei geht, so durchschneidet doch ihre Bahn die Ebne der Ecliptik in zwei einander gegenüberliegende Punkte, und wenn die Venus sich gerade da befindet, indem sie mit der Sonne in Conjunction ist, so erscheint sie uns vor der Sonne. Sie bewirkt zwar wegen ihrer Kleinheit keine Sonnenfinsterniß, aber kann doch mit Fernröhren als ein runder, schwarzer, vor der Sonne vorbeigehender Körper wahrgenommen werden. Jene Knoten der Venusbahn, die Punkte, wo die Bahn der Venus in die Ebne der Erdbahn einschneidet, liegen in der Gegend, wo die Sonne am 5ten Juni und am 7ten Dec. erscheint; und Durchgänge der Venus durch die Sonne finden daher nur dann statt, wenn sie um diese Zeit zu ihrer untern Conjunction gelangt; daraus ist die Seltenheit der Erscheinung wohl vollkommen erklärlich. Wenn man die Umlaufszeit der Venus mit der Umlaufszeit der Erde vergleicht, so findet man, daß zwischen zwei untern Conjunctionen nicht völlig 584 Tage vergehen, so daß wenn einmal eine Conjunction am 5ten Juni statt gefunden hat, nun ein ganzes Jahr und noch die Zeit bis zum

11ten Januar bis zur nächsten Conjunction vergeht; die dritte Conjunction würde nach drei vollen Jahren am 17ten August eintreten, die vierte nach beinahe fünf Jahren am 23sten März, die fünfte nach reichlichen sechs Jahren am 27ten October, die sechste nach acht Jahren am 3ten Juni. Da nun die Durchgänge nicht ganz strenge mit dem Eintritt in den Knoten zusammen zu treffen brauchen, sondern etwas früher oder später seyn können, so ist es möglich, daß nach acht Jahren die Venus wieder vor der Sonne erscheint, so wie es am 5ten Juni 1761 und am 3ten Juni 1769 der Fall war; aber noch acht Jahre später, 1777 konnte kein Vorübergang wieder erfolgen, weil die Conjunction der Venus am 1sten Juni eintrat, wo sie noch zu weit vom Knoten ab stand, und aus eben dem Grunde hat sich seitdem kein Durchgang ereignet, und wird sich in einer Reihe von Jahren, nämlich bis zum 9ten December 1874, keiner ereignen. — So übersehen Sie zugleich den Grund, warum zuweilen nur der kurze Zeitraum von acht Jahren, und dann wieder ein so langer Zeitraum von 105 Jahren, zwischen zwei Vorübergängen verstreicht.

Bei diesen Vorübergängen bietet sich die passendste Gelegenheit dar, um die Parallaxe der Venus, oder vielmehr den Unterschied zwischen der Parallaxe der Venus, und der Parallaxe der Sonne sehr genau zu beobachten. Die Venus befindet sich bei ihrer größten Annäherung zur Erde in einem Abstande von der Erde, der nur etwa das Viertel unsers Abstandes von der Sonne ist, und Sie übersehen daher leicht, daß zwei Beobachter in a und b auf der Erde, (Fig. 58.) die Venus B in demselben Augenblicke in sehr verschiedenen Punkten c, d, auf der Sonne sehen. Der eine Beobachter b (Fig. 58.) sieht die Venus eine mehr südlich liegende Sehne ab (Fig. 57.) durchlaufen, während der andre a (Fig. 58.) sie eine größere Sehne (Fig. 57.) cd durchlaufen sieht; aus der Ungleichheit dieser Sehnen, die sich durch die Zeit, welche die Venus vor der Sonne verweilt, sehr genau angeben läßt, erhält man die Bestimmung der Parallaxe, worauf es hier ankommt.

Diese Andeutung dessen, was der Astronom hier genau beobachten und berechnen soll, reicht vielleicht schon hin, um Sie zu überzeugen, daß dieses Mittel, uns die Entfernung der Venus und der Sonne kennen zu lehren, wohl zu recht genauen Bestimmungen führen kann, indeß will ich doch noch einige Bemerkungen beifügen, die Sie mit den hier vorkommenden Betrachtungen noch etwas näher vertraut machen werden. Da wir die Bewegung der Erde und der Venus in ihren Bahnen sehr genau kennen, so läßt sich für den Mittelpunkt der Erde die Zeit der wahren Zusammenkunft, die Zeit, da die Venus den Sonnenrand berühren müßte, und kurz alle Umstände des Vorübergangs, so wie er geocentrisch, oder vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen, sich zeigen müßte, angeben. Hieraus könnte man wieder leicht die Erscheinungen für jeden Punkt auf der Oberfläche der Erde finden, wenn die Größe des Abstandes der Venus in Erdhalbmessern bekannt wäre; aber auch umgekehrt kann man nun aus der beobachteten Erscheinung die Größe jenes Abstandes herleiten. Dazu dienen am besten Beobachtungen an den Orten, wo die Dauer des ganzen Vorüberganges am längsten, und wo sie am kürzesten ist, und diese Orte pflegt man daher zu berechnen, und hat bei dem letzten Vorübergange Beobachter dorthin gesandt. Bei jenem letzten Vorübergange im Jahre 1769 war Lappland die Gegend, wo der Vorübergang am längsten dauern mußte, und im Südmeere, nicht weit von Otaheite, dauerte er am kürzesten; der Unterschied der Dauer betrug 23 Minuten, oder 1380 Secunden, und die Rechnung ergab, daß die Sonnenparallaxe ziemlich nahe $\frac{1}{160}$ so viel Raumsecunden betrug, als dieser Unterschied in Zeitsecunden ausmacht, also $\frac{1380}{160} = \frac{69}{8} = 8$ und $\frac{5}{8}$ Sec.

Doch ich wollte mich in eine Rechnung, die ohnehin hier nicht genau seyn könnte, nicht einlassen, und habe wohl genug gesagt, um die Möglichkeit einer sehr genauen Bestimmung zu zeigen. Nach Encke's höchst sorgfältigen Berechnungen ist durch diese Beobachtungen die Entfernung der Sonne so genau bestimmt worden, daß wir mit großer Sicherheit sagen können, die Sonne sey mehr als 20577600 geographische

mit den vielen einzelnen Merkwürdigkeiten unterhalten, die man an den Schweifen beobachtet hat; ich will indeß nur das Wichtigste ausheben. Manche Cometen bieten uns gar nicht die Erscheinung eines Schweifes dar, sondern ihr Nebel ist nach allen Seiten ziemlich gleich ausgebreitet, und sie gleichen einem runden Nebelfleck, oder zeigen sich etwas elliptisch, in der Mitte am meisten verdichtet. Andre Cometen haben zwar einen Schweif, aber dieser zeigt sich nur als eine weitere Ausdehnung jenes Nebels nach der einen als nach der andern Seite, und zwar liegt diese Verlängerung in einen Schweif dann allemal sehr nahe der Sonne gegenüber, und ist oft so gekrümmt, daß der Schweif etwas hinter dem Cometen zurück bleibt. Die dritte Art von Cometen hat eine, von ihrer neblichen Atmosphäre ganz getrennte Nebelhülle, welche den Cometen an der Sonnenseite halbkugelförmig umgiebt, und sich dann kegelförmig um ihn ausgebreitet nach der der Sonne entgegengesetzten Seite erstreckt. Ich habe schon neulich gesagt, wie man sich die Entstehung dieses Schweifconoids denken kann, und werde jetzt noch einzelne Beobachtungen anführen, die sich nach dieser Ansicht erklären lassen.

Welche unter den älteren Cometen zur zweiten oder zur dritten Classe zu rechnen sind, läßt sich nicht genau angeben, da die vorhandenen Zeichnungen meistens keine Entscheidung geben; aber manche einzelne Erscheinungen lassen sich erklären, ohne hierüber zu entscheiden. Die Schweife sind zuweilen bei großer Länge gar nicht seitwärts gekrümmt, sondern der Sonne grade gegenüber liegend erschienen. Dieß ist dann der Fall, wenn die Erde sich in der Ebne der Cometenbahn befindet. Denn der Schweif hat seine ganze Krümmung, so viel uns irgend mit Wahrscheinlichkeit zu vermuthen erlaubt ist, in der Ebne der Cometenbahn, und es ist offenbar, daß einem (Tab. VIII. Fig. 9.) in der Ebne der Kupfertafel selbst in B stehenden Auge der gekrümmte Schweif ALKI völlig grade erscheinen muß, indem die Krümmung erst immer deutlicher sichtbar werden kann, je mehr das Auge sich über die Ebne der Tafel erhebt, und am besten in ihrer wahren Gestalt erscheint, wenn das Auge sich in einiger Entfernung von der Tafel senkrecht

über K oder L befindet. Die Beobachtungen stimmen auch hiemit überein. Der ungemein lange Schweif des Cometen von 1618 folgte ganz einem größten Kreise, oder lag grade von der Sonne abgewandt, als die Erde durch den Knoten der Cometenbahn ging. Der Comet von 1769 zeigte doch auch wohl nur darum einen so wenig gekrümmten langen Schweif, weil die Erde nach Anfang des September der Ebne seiner Bahn so nahe stand; vielleicht trug dieser Umstand, obgleich die Erde noch nicht ganz in der Ebne der Cometenbahn war, doch auch hier wieder dazu bei, den Schweif länger und schöner zu zeigen. Auch der Comet, welcher im Anfange des Jahres 1824 erschien, zeigte sich mit einem ganz graden Schweife, als die Erde durch die Ebne seiner Bahn ging.

Ueber die bald größere, bald geringere Länge des Schweifes habe ich schon früher mehrere Beobachtungen mitgetheilt. Gewiß haben allerdings an diesen Verschiedenheiten ungleiche Nebenumstände einen großen Antheil, indem nicht bloß Mondschein den matten Schweif zu sehen hindert, sondern selbst geringe Ungleichheiten in der Reinheit der Atmosphäre anscheinende Aenderungen in der Länge des Schweifes hervorbringen können. Von diesen geringen Ungleichheiten in der Heiterkeit der Luft hängen auch gewiß die Strahlenschüsse ab, von welchen ältere und neuere Beobachter so oft reden, und von welchen sie oft so reden, als ob es eine wirkliche momentane Verlängerung und ein wirkliches momentanes Breiterwerden des Schweifes wäre. Nach meiner Ansicht, wofür auch Olbers sich mehrmals erklärt hat, haben diese Strahlenschüsse eben die Ursache, wie das Funkeln der Sterne. Es ziehen nämlich zu gewissen Zeiten feine Dünste durch die Luft, die, ohne die Luft sichtbar zu trüben, sich uns doch durch eine ungleiche Brechung des Lichtes und ein dadurch verursachtes Funkeln der Sterne kenntlich machen, und die auch hinreichen, um jene mattesten Theile des Cometenschweifes bald zu verdecken, bald sichtbar zu machen, und indem sie vor der Länge des Schweifes vorbei ziehen, den schöner hervorblinkenden Glanz uns als durch die ganze Länge des Schweifes fortlaufend zeigen.

	Größte Entfernung von der Sonne in geographischen Meilen.	Kleinste Entfernung von der Sonne in geographischen Meilen.
Mercurius	9660000	6440000
Venus.	15080000	14870000
Erde	21050000	20350000
Mars	34480000	28520000
Vesta	53260000	44540000
Juno	69540000	40860000
Ceres	61800000	52800000
Pallas	71270000	43530000
Jupiter	112880000	102520000
Saturnus	207150000	187650000
Uranus	415400000	37880000

* * *

Die Kenntniß der Entfernung von der Erde, in welcher jeder Planet sich in einem bestimmten Augenblicke befindet, setzt uns nun auch im Stand, die körperliche Größe der einzelnen Himmelskörper zu berechnen. Um diese zu bestimmen, müssen wir zuerst die scheinbare Größe des Planeten ausmessen, und dann die Ueberlegung anstellen, welche wahre Größe dieser scheinbaren entspricht.

Zur Abmessung dieser kleinen Gegenstände, wie die Planetendurchmesser, bedient man sich am besten der Micrometer, deren Einrichtung ich schon sonst beschrieben habe. Indem man das Micrometer so stellt, daß der Planet von beiden parallelen Fäden des Micrometers berührt wird, und indem man dann vermittelst der Schrauben, die zur Messung des Abstandes beider Fäden dienen, zuerst den Durchmesser in ganzen Umgängen der Schrauben und in Theilen derselben ausdrückt,

erhält man auch leicht den Durchmesser in Minuten und Secunden. Hiezu nämlich wird nur erfordert, daß man den Werth eines Schraubenumganges durch eine andre Beobachtung bestimme, welches zum Beispiel auf folgende Weise geschehen kann.

Wir wollen annehmen, man habe mit ungemein großer Genauigkeit den Durchmesser eines recht kenntlichen irdischen Gegenstandes, zum Beispiel eines Thurmknopfes, in Fußen, Zollen und Linien abgemessen, und kenne zugleich recht genau die Entfernung vom Fernrohre bis zu demselben hin; Sie übersehen gewiß, daß man aus diesen Abmessungen den Sehewinkel oder die scheinbare Größe berechnen kann, unter welcher sich der Thurmknopf zeigen muß, und daß man also, wenn man ihn im Fernrohre nach Schraubengängen und Theilen von Schraubengängen abmißt, die Kenntniß erlangt, wie viel ein Schraubengang in Minuten und Secunden beträgt.

Die in Minuten und Secunden gefundene Größe des scheinbaren Durchmessers ergiebt aber sogleich den wahren Durchmesser, wenn man die Entfernung des Gegenstandes kennt. Ein Gegenstand, dessen scheinbarer Durchmesser 10 Secunden beträgt, hat einen wahren Durchmesser, der 48 Millionteln der Entfernung gleich ist; wenn man also irgend einmal den Mercurius 10 Secunden im Durchmesser fände, und aus astronomischen Rechnungen seine Entfernung = $12\frac{1}{2}$ Millionen Meilen kennte, so würde man sagen, da ein Milliontel dieser Entfernung $12\frac{1}{2}$ Meilen, 48 Milliontel derselben 600 Meilen betragen, so sey sein wahrer Durchmesser 600 Meilen.

Nach solchen Beobachtungen sind die folgenden Angaben der Größe berechnet.

schweife getrennt haben, weil der Hauptschweif eine leichtere, schneller vom Cometen aufsteigende Materie enthielt, von welcher die trägere sich absonderte und den Nebenschweif bildete. Diese Behauptung scheint durch eine in den folgenden Tagen stärker werdende Zurückbeugung des Hauptschweifes, so als ob jetzt in ihm auch etwas trägere Theilchen vorhanden waren, gerechtfertiget zu werden. Die zwei Schweife des Cometen von 1807 (welche Tab. IX. Fig. 6. nach Olbers Zeichnung, so vorstellt, wie sie am 20. October erschienen) können eben so erklärt werden. Nach den früheren Beobachtungen scheint die sämmtliche vom Cometen aufsteigende Materie so beschaffen gewesen zu seyn, daß sie nur den stärker zurückgebeugten Schweif bildete; aber kurz vor jenem Tage mußte eine leichtere oder eigentlich eine, sich schneller vom Cometen entfernende, Materie von ihm aufsteigen, die sich wegen dieser schnelleren Bewegung von jener trennte, und weil sie erst in wenig rückwärts liegenden Punkten den Cometen verlassen hatte, einen fast ganz graden Schweif bildete. Die Sichtbarkeit dieses Schweifes dauerte nur wenige Tage; nach Schröters Berechnung für den 22. October war er an diesem Tage 1¾ Millionen Meilen lang, aber am 23. October war er nur in den heitersten Augenblicken, wie in einzelnen Strahlenschüssen sichtbar, und Schröter sowohl als Bessel bemerkten, daß der vom Cometen entferntere Theil deutlicher als der nähere sichtbar war. Nach der obigen Erklärung hieße das, die gestern dem Cometen näheren Theilchen hatten jetzt eine größere Entfernung vom Cometen erreicht, waren aber durch zu wenige, aufs Neue losgerissene Theilchen ersetzt worden, so daß in der Nähe des Cometen fast eine völlige Lücke entstanden war.

Und hier, glaube ich, ist es nun am passendsten, auch von dem merkwürdigen Doppelschweife zu reden, welchen der im Anfange des Jahres 1824 erschienene Comet zeigte. Dieser Comet, welcher am 9. Decbr. 1823 in 4½ Millionen Meilen Entfernung von der Sonne durch seine Sonnennähe gegangen war, hatte am 23sten Januar außer einem von der Sonne abgekehrten Schweife, auch noch einen, der gegen die Sonne zu gewandt war. Harding sah am 23. und 24.

dieses für eine ewige Dauer, wenigstens für eine, unser Zeitmaaß weit übertreffende Dauer, gebauten Weltsystems ausgesprochen ist, und so hat sich ihm die Wahrheit auch hier bestätiget, daß nicht nur Ordnung und Einfachheit überall in den Werken des ewigen Herrn der Natur herrsche, sondern daß auch dem Menschen vergönnt sey, diese zu erkennen und zu bewundern.

Zwanzigste Vorlesung.

Die wichtigen Entdeckungen, welche Kepler im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts gemacht hatte, begründeten eine so genaue Kenntniß des ganzen Sonnensystems, zeigten den Weg zu einer so genauen Ausmessung der Planetenbahnen, und entwickelten so viele Hauptregeln für die Berechnung der Bewegung der Planeten, daß einem tiefdenkenden Mathematiker, wie Newton es war, gar wohl der Gedanke erwachen konnte, dieser regelmäßige Weltbau lasse sich noch einfacher aus einem höheren Standpunkte übersehen, und ein Hauptgesetz werde alle Erscheinungen umfassen und alle erklären. Ich habe Sie schon vor einiger Zeit mit den Betrachtungen unterhalten, welche Newton belehrten, daß der Mond durch eine anziehende Kraft der Erde in seiner Bahn erhalten werde, und daß diese Kraft in größeren Entfernungen abnehme. Das beim Monde zutreffende Gesetz, daß diese anziehende Kraft in der 60maligen Entfernung nur den 60mal 60sten Theil derjenigen Größe habe, die ihr in der einfachen Entfernung eigen war, leitete zu der allgemeinen Frage, welche Bahn denn ein Körper durchlaufen werde, wenn die Attraction sich allemal umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, oder in der doppelten Entfernung auf $\frac{1}{4}$, in der dreifachen Entfernung auf $\frac{1}{9}$ und so ferner sich vermindert. Bei der Beantwortung dieser

den ersten Platz einnehmen. Sie werden sich aus dem Vorigen noch erinnern, daß den eigentlichen Körper dieses Cometen und seine kugelförmige Atmosphäre ein dunkler Raum umgab, welcher die leuchtende Schweifhülle von jener Atmosphäre trennte. Dieser dunkle Zwischenraum war mit keiner Materie von bedeutender Dichtigkeit erfüllt, denn Herschel hat durch diesen dunkeln Raum sehr kleine Sterne gesehen. Den Durchmesser dieses leeren Raumes fand Herschel nach seinen Abmessungen über 110000 Meilen, und da er uns ohne Zweifel zum Theil durch die äußersten Theile der glänzenden Hülle verdeckt wurde, so kann man ihn wohl noch größer annehmen; es läßt sich also so genau, als es bei Gegenständen dieser Art möglich ist, behaupten, daß dieser Comet einen vorzüglich leuchtenden Kern von etwa 5000 Meilen Halbmesser enthielt, darüber eine Dunsthülle von etwa 8000 Meilen Höhe; daß sodann ein 50000 Meilen hoher leerer Raum, entweder mit einem andern sehr dünnen Fluidum erfüllt, oder auch mit eben so dünnem Stoffe wie der übrige Himmelsraum ausgefüllt, folgte, und nun erst hierüber eine leuchtende Schweifhülle von 5000 Meilen Dicke, die sich an der von der Sonne abgewandten Seite zu einem 22 Millionen Meilen langen Schweife ausdehnte. Diese Länge des Schweifes giebt Herschel an, welcher mit seinem starken Instrumente und scharfen Auge ihn wohl länger sehen konnte, als andre Beobachter, die ihm auch nicht eine so ungemeine Länge beilegen. Dieses hohle Schweifconoid bildete nun den in Fig. 5. Tab. IX. dargestellten schönen Schweif, der als ein Doppelschweif erschien, weil er uns in der Mitte, wo wir durch die dünne Wand des leuchtenden Mantels grade durch sahen, keinen erheblichen Glanz darbot.

In dieser leuchtenden Umhüllung zeigten sich, wie alle Beobachter versichern, die mannigfaltigsten Veränderungen, so daß Piazzi behauptet, man hätte an jedem Abend mehr als eine Zeichnung entwerfen müssen, wenn man nur die wichtigsten Veränderungen im Schweife alle hätte darstellen wollen. Von diesen Veränderungen will ich Ihnen nur das

Merkwürdigste mittheilen. Im September schien die Dicke dieser Lichthülle, deren Abmessungen ich nach Herschels Bestimmung für den 6. Octbr. angegeben habe, nur ein Zehntel so groß, als ihr Abstand von dem Kerne zu seyn; aber ihre Dicke nahm nachher sehr zu, und fing schon gegen Ende des Octobers an, den dunkeln Raum um den Kern sehr zu verdecken, so daß im November und später sich kaum noch etwas von dem dunkeln Zwischenraume an der der Sonne zugekehrten Seite bemerken ließ. Herschel und Harding bemerkten, daß diese anfangs einfache Hülle sich um die Mitte des Octobers und im November verdoppelt hatte, so daß ein zweifacher Lichtmantel, mit einem leeren Zwischenraume zwischen beiden, den Cometen zu umgeben schien. Von diesen Lichthüllen gingen zuweilen noch kleine Nebenschweife aus, deren Lage Harding angegeben hat, die aber nur wenig von der Richtung des Hauptschweifes abwichen. Eine andre wichtige Veränderung, die mit dieser leuchtenden Hülle vorging, bestand darin, daß sie nach der Sonnennähe immer enger zusammensank und sich zugleich abkürzte. Der Abstand des leuchtenden Mantels vom Mittelpunkte des Kerns war am 11. Octbr. nur vier Fünftel dessen, was sie am 10. September gewesen war, und nachher muß dieser Abstand noch mehr abgenommen haben. Die Form des Kegels selbst litt eine Veränderung, indem die große Weite an dem entferntern Theile nach und nach geringer ward. Nach den Beobachtungen betrug die Weite dieses hohlen Kegels am 10. Septbr., in 12 Millionen Meilen Entfernung vom Cometen, $3\frac{1}{3}$ Millionen Meilen; am 11. Octbr. hatte die Länge noch nicht sehr abgenommen, aber der Durchmesser am Ende betrug nur $2\frac{1}{2}$ Millionen Meilen; am 16. Novbr. war der Schweifkegel so schmal geworden, daß er bei 5 Millionen Meilen Länge nur 450000 Meilen Durchmesser am Ende hatte; am 9. Decbr. bei 5 Millionen Meilen Länge nur 500000 Meilen Durchmesser. —

Dieser Schweif böte noch zu mehreren Betrachtungen Stoff dar, da auch die ungleiche Länge beider Schweife, oder der Umstand, daß das Schweifconoid sich an einer Seite wei-

ter fort erstreckte, als an der andern, merkwürdig ist; aber ich muß diese Erzählungen abbrechen, um doch noch etwas in Beziehung auf andre Cometen, was hieher gehört, zu sagen.

Der Comet von 1769 hat wahrscheinlich eine ähnliche Beschaffenheit, wie der von 1811 gehabt; aber Cassini hat den Kopf nicht genau genug gezeichnet, um dieß mit Sicherheit anzugeben. Seine Zeichnungen und Beschreibungen des Schweifes scheinen anzudeuten, daß der in der Mitte dunkle Hauptschweif nichts anders war, als ein sehr enges, fast cylindrisches Schweifconoid, welches am 30. August und 2. Septbr. noch mit einem zweiten, mehr kegelförmigen Schweifconoid umgeben war, dessen glänzende Hülle sich in zwei, an beiden Seiten des Hauptschweifs liegenden Nebenschweifen zeigte. Dieses zweite Schweifconoid scheint sich, nach den Beobachtungen am 3. Septbr., an das engere Conoid, oder an den Hauptschweif angeschlossen zu haben, am folgenden Tage aber doch wieder so davon getrennt gewesen zu seyn, daß man seine glänzende Hülle, als von dem innern Hauptschweife getrennt, aber doch ganz nahe daran, und parallel mit der glänzenden Hülle dieses innern Conoids fortlaufen sah.

Merkwürdiger in dieser Hinsicht ist der Comet von 1744, mit dessen Beschreibung ich endlich diese Nachrichten von Cometenschweifen schließen will. Heinsius beschreibt und zeichnet diesen Cometen so, daß sein Kern anfangs mit einem breiten, in einen Schweif auslaufenden Nebel gehüllt war; am 5. Februar war der Kern des Cometen an der der Sonne zugewandten Seite mit einem hellen Ansatze, einem Barte gleichsam, versehn, und am 11. Februar hatte sich dieser helle Ansatz nach beiden Seiten so ausgedehnt, daß er sich an beide Seiten des Schweifes anschloß. Dieser hellere Dunst, wie Heinsius ihn nennt, dauerte auch in der Folge fort, und der Schweif nahm immer mehr ein gespaltenes Ansehn an — die Zeichnung Tab. IX. Fig. 7. stellt ihn so dar, wie Heinsius ihn am 27. Februar zeichnete. Der Schweif bestand aus einem Schweifconoid, das sich von

dem des 1811 beobachteten Cometen vorzüglich dadurch unterschied, daß um den Kern des Cometen kein dunkler Raum war, sondern die ganze gegen die Sonne gekehrte Seite des Cometen jenen hellen Dunst, der sich in das Schweifconoid ergoß, gleichsam zu entwickeln schien. Dieses Schweifconoid schien also hier deutlich seine leuchtende Materie aus dem Cometen selbst zu erhalten, und durch einen vom Cometen aufsteigenden, vorzüglich an der Sonnenseite sich entwickelnden Strom, welcher sodann an beiden Seiten des Cometen vorbei sich von der Sonne abwärts ergoß, gebildet zu werden. Es ist zu bedauern, daß Heinsius ihn nach dem 27. Februar nicht mehr beobachten konnte; aber de Cheseaux berichtet, daß an den folgenden Tagen der Schweif ganz ungemein zurückgekrümmt erschien, also aus Theilchen bestand, die sich nicht sehr schnell von der Sonne entfernten. Nach dem 1. März wurde er auch von de Cheseaux nicht eher wieder gesehn, bis dieser am 7. März früh die sechs Schweife beobachtete, die ich schon früher erwähnt habe. Obgleich wir daher über die allmählige Entstehung dieser sechs Schweife ganz ununterrichtet sind, so scheint es doch, man dürfe behaupten, daß diese nichts anders waren, als die hellen Seitenränder dreier in einander liegender Schweifconoide. Die Figur, Tab. IX. Fig. 8., zeigt den von de Cheseaux über dem Horizonte beobachteten Theil der sechs Schweife, und diese sind unter dem Horizonte so fortgesetzt, wie man sie sich, nach der Analogie mit einem einzigen Conoid, als von dem Cometen ausgehend, scheint denken zu müssen.

* * *

So mannigfaltig sind die Erscheinungen der Cometenschweife, und viel mannigfaltiger würden die Beschreibungen wohl noch ausfallen, wenn wir genauere Beobachtungen von mehreren großen Cometenschweifen besäßen. Diese wenigen Beobachtungen, und selbst alle vorhandene Beobachtungen, aus denen ich hier nur das Merkwürdigste ausgehoben habe,

reichen noch nicht hin, um uns die Gesetze mit Sicherheit erkennen zu lassen, nach welchen die Schweife sich bilden; aber daß das, was ich Ihnen als wahrscheinlichste Vermuthung darüber mitgetheilt habe, sich gut an die beobachteten Erscheinungen anschließt, glaube ich, werden Sie einräumen, und daher in die Hoffnung einstimmen, daß auch die Gesetze, nach welchen dort die Natur, auf eine uns wunderbar scheinende Weise, wirkt, künftig noch näher werden erkannt werden.

Zwei und vierzigste Vorlesung.

Wunderbar in der That und unbegreiflich dürfen wir wohl die Erscheinungen, die sich uns in den Cometenschweifen zeigen, nennen. Denn nicht allein ist die Größe der durch Millionen von Meilen sich erstreckenden Schweife auffallend, sondern noch mehr ist es der Umstand, daß die Materie des Cometen sich im unermeßlichen Raume zu zerstreuen scheint. — Alles nämlich, was ich bisher über die Cometenschweife gesagt habe, giebt ja das Hauptresultat, daß Theilchen, von ihnen ausgehend, in dem Schweife sich Millionen Meilen weit vom Cometen entfernen, und daß also der Comet in desto stärkerem Maaße eine völlige Zerstörung leidet, je schöner uns sein Schweif erscheint; und wir wissen nicht, ob jene im Weltraume zerstreuten Theilchen durch irgend eine Naturkraft dem Cometen wiedergegeben werden. Gewiß können wir zwar hierüber nichts entscheiden, da es nicht völlig zuverlässig ist, daß jene Hypothese über die Entstehung der Schweife die richtige ist; aber sie hat wenigstens am meisten die Uebereinstimmung mit den Erscheinungen für sich, und da wir über das, was bei andern Weltkörpern statt findet, ja nicht zu sehr nach Maaßgabe der uns näher bekannten Naturverhältnisse urtheilen dürfen, so liegt auch in dem, was uns

als auffallende Zerstörung vorkömmt, nicht gradehin ein Grund, sie zu verwerfen. Nach Laplace's Ansicht haben die Erscheinungen der Cometen=Atmosphäre, ja selbst die Erscheinungen der Schweife, viel Uebereinstimmendes mit dem, was sich uns bei starker Erhitzung auf der Erde zeigt. Es ist nämlich eine in der Naturlehre, ja selbst im gewöhnlichen Leben ganz bekannte Erfahrung, daß Wasser und andere Körper sich nicht unaufhörlich immer mehr und mehr erhitzen, sondern sich endlich in Dämpfe verwandeln, und daß eben diese Dämpfe bei ihrer Abkühlung die Wärme wieder hergeben, die sie vorhin in sich aufgenommen, und unserm Gefühle entzogen hatten. Und eben so, glaubt Laplace, trage diese Verwandlung in Dampf, bei der Annäherung des Cometen zur Sonne, bei, um den Grad der Erhitzung, die sonst statt finden würde, zu mildern; die Materie des Cometen verbinde sich eben so mit dem Wärmestoffe, wie es das Wasser in den Dämpfen thut, und so werde ein Vorrath von Wärme gleichsam gesammelt, um, bei vergrößerter Entfernung von der Sonne, als fühlbare Wärme, durch Niederschlagen des Dampfes, wieder hervor zu gehen, und dem Cometen da Wärme zurück zu geben, wo die Sonne ihm weniger Erwärmung gewährt. Diese Ansicht giebt zwar keinen ganz genügenden Aufschluß über die im Schweife so weit fortgetriebenen Theilchen; aber sie stimmt wenigstens sofern mit den Erscheinungen überein, als es wohl wirklich den Anschein hat, daß die in der Sonnennähe weit ausgedehnte Dunstkugel des Cometen und selbst sein Schweifkegel, zusammensinken, wenn er sich mehr von der Sonne entfernt.

Herschel betrachtet die Sache etwas anders. Er nimmt an, daß die elastische Nebelmaterie um den Cometen ihn in den entferntern Theilen seiner Bahn kugelförmig umgebe, daß aber die Einwirkung der Sonne diese Materie theils ausdehne, theils von der Sonne abwärts forttreibe. Die Annäherung zur Sonne hat daher auf diese Körper, die, wie es scheint, noch in einem sehr wenig verdichteten Zustande seyn mögen, die Wirkung, daß sie von ihren flüchtigen Stoffen, die nämlich am meisten geeignet sind, durch die

abstoßende Kraft der Sonne fortgerissen zu werden, befreit, also nach und nach in einen dichtern Zustand versetzt werden. Herschel ist deshalb geneigt, diejenigen Cometen, die bei gleicher, oder selbst stärkerer Annäherung zur Sonne, keine so lange Schweife haben, als solche anzusehen, die schon öfter ihre Sonnennähe erreicht haben, dadurch also der leichter zu verflüchtigenden Materie schon beraubt worden sind, und einen größern Antheil an fester Materie, einen weitern Grad von Ausbildung, erhalten haben.

Die Verschiedenheit der Einwirkung der Sonne auf die verschiedenen Cometen war bei den beiden im Jahre 1811 erschienenen Cometen recht auffallend; bei dem einen brachte die Sonne einen so auffallenden Schweif, eine so starke Verflüchtigung seiner Materie hervor; der andre erschien fast so begrenzt wie ein Planet, zwar mit sehr mattem Lichte, aber doch nur mit geringem Dunste und einem nur 140000 Meilen langen Schweife. In dem letztern mußte also wenig von jener, der Verflüchtigung fähigen Materie vorhanden seyn, und diese Ungleichheit konnte, nach Herschels Meinung, entweder daraus hervorgehen, daß der erstere selten erst seine Sonnennähe erreicht habe, oder daß er mehr nebliche Materie, die im Weltraume zerstreut vorhanden zu seyn scheint, angetroffen und in sich aufgenommen habe.

* * *

Ich würde hier die Betrachtungen über Cometen ganz schließen können, wenn ich nicht doch noch einige der neuesten Entdeckungen über die Bahnen der Cometen nachtragen müßte. —

Unstreitig haben diejenigen Cometen für uns am meisten Interesse, deren Wiederkehr wir mit einiger, oder mit völliger Sicherheit berechnen können, und von diesen will ich hier noch einige Nachrichten mittheilen. Daß Halley der erste war, der uns einen öfter beobachteten Cometen kennen lehrte, habe ich schon sonst bemerkt; er schloß diese Wiederkehr eines und desselben Weltkörpers aus der gleichen Lage der Bahnen,

und aus der gleichen Annäherung zur Sonne, oder aus der Gleichheit der Elemente der Bahn; und da er nun fand, daß ungefähr alle 75 Jahre ein Comet, dessen Bahn sehr nahe eben so bestimmt war, vorkam, so zog er den wohl begründeten Schluß, daß man ihn als stets in dieser Periode wiederkehrend ansehen dürfe. Wirklich erschien dieser Comet im Jahre 1759, und rechtfertigte die Vorausberechnung so gut, als es damals bei der noch unvollkommenen Ausbildung der rechnenden Astronomie erwartet werden konnte. Seine nächste Erscheinung wird sich, obgleich die Attractionskraft des Uranus einen noch nicht ganz genau bekannten Einfluß auf die Umlaufszeit hat, viel genauer bestimmen lassen, und wir dürfen wohl erwarten, daß irgend ein zweiter Astronom die schon von Damoiseau ausgeführte Berechnung prüfen, und seine Vorausbestimmung bestätigen wird, welches bei so zusammengesetzten Berechnungen allemal wünschenswerth ist. Kehrt er wirklich, wie Damoiseau angiebt, am 16. oder 17. Novbr. 1835 zum Perihelio zurück, so wird er vor der Sonnennähe am besten zu sehen seyn, und vor der Mitte des Octobers der Erde ziemlich nahe kommen. Der zweite Comet, dessen Bahn man als kurz genug, um seine Wiederkehr mit einiger Sicherheit voraus zu berechnen, kennen gelernt hat, ist der von 1815. Bessel fand, als er die parabolisch berechnete Bahn, welche sich an einige Beobachtungen vollkommen gut anschloß, mit andern Beobachtungen verglich, daß sich eine regelmäßige Abweichung zeigte, welche verrieth, daß der Comet eine nicht so sehr lange Ellipse durchlaufe, und eben deshalb sich von der an die wahre Bahn anschließenden Parabel merklich entfernte. So wurde es möglich, eine elliptische Bahn aus dieser einmaligen Erscheinung des Cometen zu berechnen, und seine Umlaufszeit auf 74 Jahre und etwas darüber zu bestimmen. Aber obgleich der damals beobachtete Theil der Bahn dieser Umlaufszeit entspricht, so werden doch die Störungen des Jupiter, Saturn und Uranus den Cometen etwas schneller, schon im Februar 1887, zur Sonnennähe zurückführen. Er bleibt selbst bei seiner Sonnennähe

25 Millionen Meilen von der Sonne, und erreicht bei seiner Sonnenferne den Abstand von 700 Millionen Meilen. Der Halleysche Comet, welcher fast eben die Umlaufszeit hat, kömmt der Sonne bis auf 16½ Millionen Meilen nahe, und entfernt sich bis 745 Millionen Meilen von ihr. Obgleich dieser Olbersche Comet, wie Bessel ihn dem Entdecker zu Ehren genannt hat, nicht groß ist, so kann er doch, wenn er im Februar seine Sonnennähe erreicht, viel heller erscheinen, als es 1815 der Fall war.

Der dritte Comet, dessen Bahn wir kennen gelernt haben, ist der berühmte Enckesche, von welchem ich Sie schon sonst unterhalten habe. Die mehrmalig beobachtete Wiederkunft zum Perihelio hat bei diesem Cometen Veranlassung zu einer ganz neuen Betrachtung gegeben. Die Umlaufszeiten stimmen nämlich nicht ganz mit derjenigen überein, die man nach den Störungen, welche die Planeten ausüben, erwarten sollte, und Encke hat die genaue Bestimmung der Wiedererscheinung des Cometen nur dadurch erhalten, daß er eine kleine, aus den vorigen Umläufen schon geschlossene Verkürzung der Umlaufszeit annahm. Diese Verkürzung der Umlaufszeit, die mit einem Kleinerwerden der großen Axe der Bahn in Verbindung steht, scheint auf einen Widerstand hinzudeuten, den die Cometen, als Körper von so ungemein dünner Beschaffenheit, im Aether leiden, und es kann uns auch nicht grade befremden, daß der für die sehr dichten Planeten ganz unbedeutende Widerstand in der den Weltraum ausfüllenden Materie, wenn diese auch ungemein dünne seyn mag, doch merklich wird, wenn ein Comet, der vielleicht nur die Dichtigkeit der luftförmigen Flüssigkeiten besitzt, sich durch dieselbe bewegt. Daß die Lage der Cometenschweife auf einen solchen Widerstand hin zu deuten scheint, habe ich schon sonst erwähnt, und daß wenigstens die Materie, die uns im Zodiacallichte sichtbar wird, gar wohl im Stande seyn kann, einen Widerstand zu leisten, ließ sich ohnehin schon erwarten. Da nun die Bewegung dieses rechtläufigen Cometen schon durch merklichen Widerstand gestört wird, so muß dieß wohl bei

einem rückläufigen Cometen noch mehr der Fall seyn, wenigstens für die Bewegung in den der Sonne näheren Gegenden.

Endlich ist noch ein vierter Comet, als mehrmals wiedergekommen, erkannt worden. Schon nach den Beobachtungen des Cometen, welcher am Ende des Jahres 1805 erschien, hatte Gauß die Bemerkung gemacht, daß jede Ellipse, in welcher die Umlaufszeit mehr als $4\frac{3}{4}$ Jahre betrage, besser als eine Parabel mit den Beobachtungen übereinstimme, und diese Bemerkung schien um so wichtiger, da der im Jahre 1772 beobachtete Comet, eine in den wesentlichsten Stücken sehr ähnliche Bahn durchlaufen hatte, und also wohl als eben derselbe angesehen werden konnte. Indeß hatten die von Gauß angestellten genauern Untersuchungen doch die Vermuthung, daß beidemal derselbe Weltkörper gesehen worden sei, nicht bestätigt, und die Sache blieb damals unentschieden. Die Zwischenzeit vom Februar 1772 bis Ende Decembers 1805 gab eine Umlaufszeit von 33 Jahren 11 Monaten, oder 16 Jahren 10 Monaten, oder 11 Jahren $3\frac{1}{2}$ Monaten, oder 8 Jahren 6 Monaten, oder 6 Jahren 9 Monaten, je nachdem man annahm, daß der Comet in der Zwischenzeit einen oder zwei oder drei oder vier oder fünf Umläufe gemacht hätte, und man hätte die Erscheinungen in allen diesen Ellipsen berechnen und sehen müssen, welche wichtige Störungen etwa bei der einen oder andern Bahn vorgekommen seyn, und die Aenderung der Bahn hervorgebracht haben könnten, die sich als Ungleichheit der Elemente bei beiden Beobachtungen des Cometen ergab; aber um dieß zu thun, schien doch die Uebereinstimmung noch nicht nahe genug. Indeß scheint von Biela eine solche Untersuchung angestellt, und darnach $6\frac{3}{4}$ Jahr als Umlaufszeit dieses Cometen angegeben zu haben; denn dieser hat die Vermuthung einer so großen Umlaufszeit gehegt und ausgesprochen. Diese Vermuthung hat sich jetzt durch eine abermalige Wiederkehr dieses Cometen bestätigt. Im März 1826 erschien nämlich ein Comet, der sogleich, als man die ersten Beobachtungen berechnete, eine Bahn angab, die mit der Lage der Bahn jenes Cometen von 1805 sehr nahe übereinstimmte. Eine genauere Berechnung von Clausen ergab,

Zehntel der Minute dem Hundertel jener Höhe = 14720 Fuß; im Sechzigstel der Minute dem 3600tel oder 409 Fuß gleich. — So tief also fallen die der anziehenden Kraft der Sonne frei folgenden Körper auf der Oberfläche der Sonne.

Eben diese Ueberlegungen lehren uns die Masse der Sonne, oder eigentlich die Stärke der anziehenden Kraft der Sonne in Vergleichung gegen die von der Erde ausgeübten Kraft kennen. Auf der Erde würde ein Körper in 1 Minute 54000 Fuß frei fallend zurücklegen; aber Körper, die so weit vom Mittelpunkte der Erde entfernt wären, als die Oberfläche der Sonne vom Mittelpunkte der Sonne, würden, da der Halbmesser der Sonne hundert und zwölfmal so groß als der der Erde ist, nur in 1 Min. $4\frac{3}{10}$ Fuß gegen die Erde zu, fallen. Diese Größe ist in dem Fallraum auf der Sonne, den wir 1472000 Fuß in einer Minute fanden, 340000 mal enthalten, und die anziehende Kraft der Sonne ist also 340000 mal so groß als die anziehende Kraft der Erde, oder, wie wir auch sagen, die Masse der Sonne ist 340000 mal so groß als die Masse der Erde, oder nach einer strengern Rechnung 337100 mal so groß.

Ich wage es nicht, Sie noch mit mehreren Rechnungen zu unterhalten, und will daher die Bestimmung der Masse des Jupiter und Saturn kurz angeben. Diese Planeten, und eben so auch der Uranus haben Monde zu ihren Begleitern, und diese Monde, obgleich auch sie durch die Sonne angezogen werden, vollenden doch ihre Umläufe um den Hauptplaneten beinahe so, als ob sie von seiner anziehenden Kraft allein in ihrer Bahn um den Hauptplaneten erhalten würden. Dieselbe Rechnung also, die uns belehrte, wie weit die Erde ihren Mond, oder wie weit die Sonne den Mercurius in 1 Min. von der Richtung der Berührungslinie ablenkt, eben diese Rechnung auf den Abstand und die Umlaufszeit eines Jupitersmondes angewandt, zeigt, wie stark die anziehende Kraft des Jupiter in der Entfernung, wo einer seiner Monde sich befindet, wirkt. Auch bei ihm zeigt sich, daß die vier Monde, welche ihn begleiten, einer den ungleichen Abständen gemäßen Attraction unterworfen sind, und die Bestimmung,

wie groß des Jupiters anziehende Kraft in Vergleichung gegen die anziehende Kraft der Erde sey, geht also eben so, wie vorhin für die Sonne, hervor.

Diese Vergleichung der von den verschiedenen Himmelskörpern ausgeübten anziehenden Kräfte findet bei allen den Planeten statt, welche vom Monde begleitet sind; die übrigen, Mercurius, Venus, Mars, bieten uns kein ähnliches Mittel, um auch ihre anziehende Kraft anzugeben, dar, und daher sind wir auch in Beziehung auf sie, über diesen Gegenstand nur unvollkommen unterrichtet. Was wir darüber wissen, beruht auf den Störungen, welche von diesen Planeten im Laufe anderer Planeten, und namentlich auch der Erde bewirkt werden.

* *

Die einfachen Gesetze der Bewegung, nach welchen die Planeten ihren Lauf um die Sonne vollenden würden, wenn jeder von der Sonne allein angezogen würde, bleiben nämlich nicht mehr in völliger Strenge gültig, da mehrere Planeten um die Sonne laufen, und jeder eine anziehende Kraft auf den andern ausübt. Die Störungen oder Perturbationen, welche daraus entspringen, sind zwar für alle länger bekannten Planeten so geringe, daß sie die Anordnung des ganzen Systems gar nicht erheblich ändern, indem die Entfernungen der Planeten von einander sehr groß, und ihre Massen nur geringe sind; aber dennoch verdienen sie, etwas näher betrachtet zu werden.

Diese Störungen sind von doppelter Art. Einige hängen nur von den täglich wechselnden Stellungen der Planeten gegen einander so ab, daß sie gar keine bleibende, sondern nur eine sich in kurzen Perioden wieder ausgleichende Abweichung von der reinen elliptischen Bewegung bewirken, andere gleichen sich nicht so schnell aus, und bringen daher dauernde Aenderungen in den Elementen der Planetenbahnen, namentlich in ihrer mehr oder weniger vom Kreise abweichenden Gestalt, und in der Richtung der Hauptaxe der Bahn, ja auch in der

Lage der Ebne der Bahn hervor. Da ich über diesen schwierigen Gegenstand hier nur einige oberflächliche Bemerkungen mittheilen kann, so mögen folgende allgemeine Betrachtungen genügen. Es ist wohl einleuchtend, daß wenn ein mächtig wirkender Planet, zum Beispiel der Jupiter, der Sonne gerade gegenübersteht, dieser die Wirkung der anziehenden Kraft der Sonne etwas vermindert, und daher den zwischen ihm und der Sonne stehenden Planeten etwas mehr von der Sonne entfernt. Solche kleine Abweichungen von der Ellipse, die die eigentliche Bahn des Planeten wäre, und die sich auch zwischen diesen kleinen Störungen als seine wahre Bahn erkennen läßt, müssen bei der Berechnung des Ortes, den der Planet in einem bestimmten Augenblick erreicht, immer in Betrachtung gezogen werden. Da die Stellungen aller Planeten täglich wechseln, und zu gewissen Zeiten eben so gut Annäherungen zur Sonne, als zu anderer Zeit Entfernungen von der Sonne, zu gewissen Zeiten eben so gut Beschleunigungen der Bewegung, als zu anderer Zeit Verzögerungen der Bewegung bewirken: so scheint es, daß diese Störungen sich ganz und gar ausgleichen müßten. Indeß ist dieses nicht in allen Beziehungen der Fall, sondern die schon früher angeführte Aenderung der Lage der großen Axe der Erdbahn, ist eine beständig fortgehende Wirkung der die Erde anziehenden Planeten. Fände eine solche Einwirkung nicht statt, so würde die Erde, wenn sie einmal in A (Fig. 62.) ihren größten Abstand von der Sonne erreicht hatte, im strengsten Sinne genau nach einem ganzen Umlaufe nach A zurückkehren; aber so verhält es sich nicht, sondern die Erde erlangt erst ein wenig später in der nach B zu liegenden Gegend diesen größten Abstand, und obgleich die Entfernung des Punktes, in welchem sie jetzt die Linie AS durchschneidet, von dem Punkte A höchst geringe ist, so fallen dennoch diese Punkte nicht vollkommen zusammen. Die Ellipse AKNP verändert ein wenig im Weltraume ihre Lage, und wenn die Erde von A nach D, F, fortläuft, so rückt die große Axe nach eben dieser Richtung fort. Eine ähnliche, sehr langsame Fortrückung

findet bei den Apsidenlinien aller Planeten statt; aber bei allen ist sie sehr geringe.

Eine andere Einwirkung der Planeten findet auf die Form der Bahnen statt, wodurch diese entweder der Kreisform näher gebracht, oder mehr von derselben entfernt wird. Die vereinigte Wirkung aller Planeten auf die Erde ist jetzt von der Art, daß die Excentricität der Erdbahn abnimmt, oder diese von Jahrhundert zu Jahrhundert weniger vom Kreise abweicht; aber nicht für ewige Zeiten gilt eben dieses, sondern diese Abnahme wird, nach einem langen Zeitraume eine Grenze erreichen, und in Zunahme übergehen.

Auch die Lage der Ecliptik, der Ebne der Erdbahn, ist nicht völlig unveränderlich, und deshalb ist auch die von mir oft wiederholte Behauptung, die Sonne durchlaufe genau alle Jahre denselben Kreis am Himmel, nicht für alle Jahrtausende im strengsten Sinne richtig; aber diese Aenderung ist so unbedeutend, daß sie nur dem genau beobachtenden Astronomen merklich ist. Vermöge dieser Aenderung der Lage der Ecliptik, wird auch ihre Schiefe oder ihre Neigung gegen den Aequator geändert, und dieses hat einigen Einfluß auf die Ungleichheit unserer längsten und kürzesten Tage. Vor etwa 2000 Jahren entfernte sich die Sonne am längsten und am kürzesten Tage 23° 50′ vom Aequator, jetzt nur 23°. 28′. Wegen dieser Aenderung ist also allerdings die heiße Zone auf der Erde ein wenig schmäler, die kalte Zone aber auch minder ausgedehnt geworden. — Diese Abnahme der Schiefe der Ecliptik wird, nach den Berechnungen der Astronomen, noch einige Jahrtausende fortdauern, aber dann in ein Zunehmen übergehen, und nie wird die Ecliptik weniger als 18 Grade gegen den Aequator geneigt seyn. Aehnliche Aenderungen finden auch für die Lage der Ebnen statt, in welchen jeder der übrigen Planeten sich bewegt; aber alle diese Aenderungen sind geringe und wechselnd, — wechselnd freilich in Perioden, welche Jahrtausende dauern, und deren genaue Dauer wir, da die sorgfältigen Beobachtungen des Himmels noch kein ganzes Jahrhundert umfassen, noch nicht genau angeben können.

wollen wir die Lage dieser Sterne so annehmen, daß sie im Pole der Ecliptik stehen, oder daß die durch beide Sterne gezogne grade Linie die Sonne nach einer auf die Ebne der Ecliptik senkrechten Richtung treffe. Es sei S die Sonne, BCDE die Erdbahn (Tab. X. Fig. 13.), A sei der nähere Stern, der entferntere aber sei so ungemein entfernt, daß die zu ihm hin gezogenen Linien Ba, Ca, Da, Ea, die von verschiedenen Punkten der Erdbahn ausgehen, als parallel können angesehen werden. Hier ist nun offenbar, daß der Stern A uns immer der Sonne etwas näher als der entfernte Stern a erscheint; der letztere nämlich steht immer im Pole der Ecliptik, 90 Grade von der Sonne entfernt, statt daß bei jeder Stellung der Erde der Winkel SBA kleiner, als 90 Grade, ist. Wenn die Erde sich in B befindet, so sehen wir die Sonne S im Widder, wenn dieses Gestirn nach der Richtung BD hin liegt, und des näheren Sternes A Lage erscheint uns dann so, als ob er gegen den Widder zu von dem sehr entfernten Sterne a abstände; kömmt die Erde nach C, so erscheint zugleich die Sonne im Krebse, und auch jener Stern A als gegen den Krebs hin von a entfernt; bei der Stellung in D sehen wir die Sonne in der Waage und den Stern A gegen die Waage zu von a entfernt; und so durchläuft der nähere Stern scheinbar einen Kreis um den größern, und zwar so, daß er diesen in einem Jahre vollendet, und ihn so durchläuft, daß der Stern die Sonne zu begleiten, mit ihr nach einerlei Gegend der Ecliptik hin zu stehen scheint.

Ständen die beiden ungleich entfernten Sterne nicht senkrecht über der Ecliptik, gegen den Pol der Ecliptik zu, sondern in der Ebne der Erdbahn, so wären die Erscheinungen sofern anders, als jene scheinbare Kreisbewegung in ein Hin- und Herrücken auf der Ecliptik selbst überginge. Wenn in Fig. 14. Ba, Ca, Da, Ea wieder die nach dem entfernteren Sterne gezognen Linien vorstellen, und A der nähere Stern ist, so würde dieser genau vor jenem, als ihn verdeckend erscheinen, wenn die Erde in B oder D steht; aber beide würden um den Winkel ACa von einander entfernt erscheinen, wenn die Erde in C ankömmt. Indem die Erde

von B nach C geht, scheint die Sonne vom Widder zum Krebse fortzurücken, und der Stern A sich ein wenig gegen den Krebs zu vom Widder zu entfernen, oder rechtläufig zu seyn; während die Erde weiter von C nach D geht, oder die Sonne vom Krebse zur Waage fort geht, macht der Stern A eine rückgängige Bewegung, und kehrt zu dem Punkte zurück, wo er von B aus gesehen erschien; er setzt diese rückläufige Bewegung fort, während die Erde von D nach E kömmt, und ist wieder rechtläufig während der Bewegung der Erde von E nach B. Am stärksten rückgängig erscheint der nähere Stern offenbar dann, wenn er mit der Sonne in Opposition ist, und diese rückgängige Bewegung ginge in eine rechtläufige über, ein Vierteljahr nach der Opposition. Für Sterne, welche sich weder im Pole der Ecliptik noch in der Ebne der Ecliptik befinden, ist der Weg, den der nähere um den entferntern zu durchlaufen scheint, eine kleine Ellipse, deren Breite desto geringer ist, je näher beide Sterne der Ecliptik stehen. Die Größe dieser Ellipse würde, wenn der entferntere Stern in der That gar keine Parallaxe hätte, die Parallaxe des nähern Sterns und eben dadurch seine Entfernung sogleich bestimmen; denn es erhellt wohl, daß mit der Abnahme der Entfernung SA eine Zunahme des parallactischen Winkels ACa verbunden ist.

Herschel sowohl als Schröter haben diese relative Bewegung der Doppelsterne, das heißt, zweier einander sehr nahe stehender Sterne, als ein passendes Mittel, um die Parallaxe des näheren zu finden, in Vorschlag gebracht. Daß ihre Beobachtungen keinen erheblichen Erfolg gehabt haben, liegt freilich theils in der Schwierigkeit, sehr kleine Abstände völlig genau zu messen; aber noch mehr darin, daß man zu jener Zeit den Umstand, daß beide Sterne vielleicht gleich entfernt seyn, und daß sie eine eigenthümliche Bewegung haben können, nicht genug in Erwägung zog. Da wir jetzt genauere Bestimmungen besitzen, so werden wir uns vielleicht bald im Stande befinden, diejenigen Doppelsterne, die in der That einander nahe stehen, von denen, die bei sehr großer Entfernung nur scheinbar einander nahe, nur in derselben Richtung,

unmerklich Geringes erscheinen. Die sorgfältigsten Beobachtungen haben bis jetzt noch bei keinem der Fixsterne eine Parallaxe der Erdbahn gezeigt, keiner scheint gegen die übrigen seine Stellung auch nur um eine Secunde zu ändern, wenn unser Standpunkt sich um 41 Millionen Meilen ändert, und wir schließen daher, daß die nächsten Fixsterne wenigstens 400000 mal so weit als die Sonne von uns entfernt sind. Die für unsere Vorstellung unermeßliche Zahl von 8 Billionen Meilen, würde also die Entfernung des nächsten Fixsternes ungefähr erst angeben, und da jetzt wohl niemand von Ihnen mehr Bedenken tragen wird, die unzählbaren Heere von Fixsternen als Sonnen anzusehen, und anzunehmen, daß auch zwischen ihnen große Zwischenräume, so wie von unserer Sonne zu ihnen hin statt finden mögen: so brauche ich kaum noch zu sagen, daß wir nicht im Stande sind, auch nur entfernt ein Bild von der Größe aufzufassen, die wir dem uns sichtbaren Weltenheere zueignen müßten.

Senkrechten Ba steht, ihm im Zenith erscheint, wenn die Erde in B ist. Wofern nun dieser Stern nicht so ungemein entfernt ist, so sieht der Beobachter ein halbes Jahr später, von D aus den Stern nicht in der Richtung Da, sondern in der Richtung Db; er sieht ihn nicht mehr im Pole der Ecliptik, nicht mehr in seinem Zenith, sondern um den Winkel aDb vom Zenith entfernt, und dieser Winkel ist die Parallaxe der Erdbahn. Sie übersehen leicht, daß der Stern hier eben so einen kleinen Kreis um den Pol der Ecliptik beschreibt, wie er ihn vorhin um den entfernteren Stern beschrieb.

Eben die Beobachtung läßt sich anstellen, wenn auch der durchs Zenith gehende Stern nicht grade im Pole der Ecliptik steht, und auch dieser Fall verdient wohl noch eine Erläuterung. Es stelle (Tab. X. Fig. 15.) A einen Stern vor, den ich freilich als nur sehr wenig entfernt zeichnen muß, um die ganze Darstellung auf einen nicht zu großen Raum zu beschränken; S sei die Sonne, BCDE die Erdbahn, auf welcher die Erde sich in B befindet, wenn die Sonne uns im Widder erscheint. Von A denken wir uns eine Linie AF senkrecht auf die Ebne der Ecliptik gezogen, und nehmen an, daß F sich mit BSD genau in grader Linie befinde, so daß die Erde in D dem Sterne am nächsten, in B am weitesten von ihm entfernt ist. Der Winkel, welchen die Gesichtslinie BA mit BF macht, heißt für den Beobachter in B die Breite des Sterns, und eben so ist der Winkel ADF für den Beobachter in D die scheinbare Breite; die scheinbare Breite des Sterns ist also dann am größesten, wenn die Erde dem Sterne am nächsten ist, oder wenn er mit der Sonne in Opposition ist; sie nimmt bis zur Conjunction des Sterns mit der Sonne, oder bis zur Ankunft der Erde in B, ab, und in der folgengen Hälfte des Jahres wieder zu.

Was die scheinbare Länge des Sterns betrifft, so ist diese bei jeder Stellung der Erde eben so groß, als die scheinbare Länge des Punktes F, weil die ganze Senkrechte AF uns als der senkrechte Abstandsbogen des Punktes A von der Ecliptik erscheint. Steht also der Stern A zum Beispiel so, daß er, von B aus gesehen, dem Anfangspunkte des Widders entspricht,

so erscheint von C aus der Anfangspunkt des Widders in f, und unsers Sternes Länge ist um den Winkel FCf größer geworden. Des Sternes Länge ist also am größesten ein Vierteljahr nach der Conjunction; von da an ist der Stern ein wenig rückläufig, und erreicht seine kleinste Länge ein Vierteljahr nach der Opposition, wo er wieder rechtläufig zu werden anfängt. Diese Parallaxe zu beobachten, war Bradley's Bestreben, und er ward, indem er eine Parallaxe der Fixsterne suchte, auf ein andres Phänomen aufmerksam. Sein genau aufgestelltes Fernrohr zeigte ihm freilich, daß der Fixstern, welcher heute durch das Zenith ging, nicht an jedem Tage des Jahres durch das Zenith ginge; aber er fand sehr bald, daß die Erscheinungen in einer andern Ordnung erfolgten, als es der Parallaxe gemäß seyn sollte; die größte Breite des Sternes trat nämlich drei Monate nach der Opposition, die kleinste Breite drei Monate nach der Conjunction ein, und eben so zeigten sich die Aenderungen der Länge ein Vierteljahr später, als es die Parallaxe gestattete. Ueberdas waren diese von den Sternen scheinbar beschriebenen kleinen Ellipsen ganz gleich für alle Sterne, die gleich entfernt von der Ecliptik standen; die Sterne um den Pol der Ecliptik beschrieben alle gleich große Kreise.

So zeigte sich also, daß die von Bradley beobachteten Sterne keine wahrnehmbare Parallaxe hatten, und daß jene Aenderungen, wie Sie bald sehen werden, von der allmähligen Fortpflanzung des Lichtes abhingen. Auch nachher hat man oft diese Beobachtungen wiederholt, aber noch nie mit Sicherheit eine Parallaxe beobachten können. In der neuesten Zeit hatte Brinkley durch sehr genaue Beobachtungen, eine Parallaxe der drei hellen Sterne im Adler, im Schwan und in der Leier zu finden geglaubt, und dieß veranlaßte Pond, durch eine noch sorgfältiger angeordnete Reihe von Beobachtungen, die Parallaxe eben dieser Sterne zu untersuchen. Er stellte nämlich unbeweglich befestigte Fernröhre auf, in deren micrometrisch getheilten Gesichtsfeldern sich die kleinsten Unterschiede, wenn der Stern nicht genau gleich zu verschiednen Jahreszeiten vorbei ging, bemerken ließen. Das eine Fernrohr

war auf den hellen Stern im Schwane gerichtet, und da an der entgegengesetzten Seite des Himmels ein Stern zweiter Größe im Fuhrmann ebenfalls durch das Feld des Fernrohrs ging, so gab die Beobachtung beider die sicherste Entscheidung über die Festigkeit des Instruments; denn die Breite des einen mußte ungefähr am größten erscheinen, wenn die Breite des andern (wofern Parallaxe statt fand,) am kleinsten war. Aber die Beobachtungen dieser Sterne, und eben so die Beobachtungen des Hellen im Adler und des Hellen in der Leier, zeigten, daß, wenn alle aus andern Ursachen bekannten Umstände in Rechnung gezogen wurden, für die Parallaxe gar nichts Merkliches übrig bleibt, und diese gewiß keine halbe Secunde, ja Pond glaubt behaupten zu dürfen, nicht ein Zehntel Secunde betragen kann. Hiemit stimmen auch Bessels Beobachtungen überein.

Hätte ein Fixstern wirklich $\frac{1}{2}$ Secunde Parallaxe, so wäre er 500000 mal so weit, als die Sonne, von uns, das heißt 10 Billionen Meilen entfernt, und es ist also unter den bis jetzt in dieser Hinsicht beobachteten Sternen keiner, der uns näher wäre. Die Behauptung, daß die ganze Größe der Erdbahn für gar nichts zu achten ist, gegen die Entfernung des nächsten Fixsterns, erhält hier ihre volle Rechtfertigung.

Um diese Entfernung in ihrem rechten Lichte zu übersehen, mag hier noch folgende Betrachtung Platz finden. Das Licht durchläuft die Entfernung von der Sonne zur Erde in $8\frac{1}{4}$ Minuten; es muß also $7\frac{3}{4}$ Jahre gebrauchen, um vom nächsten Fixsterne zu uns zu gelangen, und Beobachtungen, zu denen ich nun übergehe, zeigen, daß auch das Licht der Fixsterne eben die Geschwindigkeit hat, und also wirklich nach einem so langen Zeitraume von ihnen zu uns herüberkömmt.

Richtung Cc offenbar mehr als 90 Grade von der Richtung Cx entfernt, und da Cx, als mit Aa parallel, gegen den Stern hin gerichtet ist, wobei der Mond im Vollmonde erschien, so hat der Mond jetzt mehr als 90 Grade unter den Sternen zurückgelegt, er steht nicht mehr volle 90 Grade von der Sonne, und ist über das letzte Viertel hinaus. Diese Erscheinungen, welche sich leicht weiter verfolgen ließen, würden ganz mit denen übereinstimmen, welche bei einem wahren Kreislaufe um die Erde, ohne Einwirkung der Sonne, statt fänden, wenn die anziehende Kraft der Sonne in allen Entfernungen gleich wäre, indem dann die Einwirkung der Sonne auf die Erde und auf den Mond gleich wäre; die Ungleichheit der anziehenden Kraft in verschiedenen Entfernungen bewirkt aber einige Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes.

Wären Erde und Mond allein im Weltraume vorhanden, so durchliefe der Mond eine elliptische, immer gleiche Bahn, in deren einem Brennpunkte sich die Erde befände; aber es läßt sich leicht zeigen, daß die Sonne zu verschiedenen Zeiten diese elliptische Bahn ungleich verändert. Die Bahn wird mehr dem Kreise ähnlich, oder die Abstände des Mondes von der Erde sind in seiner Erdnähe und Erdferne minder ungleich, wenn der Mond zur Zeit der Viertel seine Erdnähe und Erdferne erreicht; dagegen wird die Bahn des Mondes um die Erde mehr elliptisch, oder der kleinste und größte Abstand des Mondes von der Erde sind mehr verschieden, wenn die Apsidenlinie der Mondbahn gegen die Sonne gerichtet ist, das heißt, wenn er in der Erdnähe ist, entweder beim Neumond oder beim Vollmonde. Um dieß zu übersehen, nehmen Sie an, in Fig. 65. sey ABC die Bahn, welche der Mond durchlaufen würde, wenn die Erde in E still stände, die Sonne sey in D, und der Mond in A, als Vollmond, in seiner Erdnähe. Da die Erde wegen dieser geringern Entfernung gerade hier am stärksten auf den Mond wirkt, und die Attraction der Sonne nur wenig schwächer auf den Mond als auf die Erde wirkt, so nöthiget diese vereinte Anziehungskraft ihn, sich hier, in seiner Erdnähe, der Sonne mehr zu nähern, als es der Fall seyn würde, wenn der Mond

im Vollmonde seine mittlere Entfernung vc. der Erde hätte. Er macht daher hier einen stärker gekrümmten Weg, und die Ellipse, die seine relative Bahn um die Erde darstellt, verlängert sich mehr, als es ohne Mitwirkung der Sonne der Fall wäre. Beim nächsten Neumonde ist die Erde nach e, der Mond nach c gekommen, und hier befindet er sich ungefähr am weitesten von der Erde entfernt, weil es so anzusehen ist, als ob seine elliptische Bahn nach e c hinüber getragen wäre. Hier ist nun die auf den Mond wirkende, anziehende Kraft der Erde, wegen der bedeutend größern Entfernung des Mondes, am schwächsten; die anziehende Kraft der Sonne dagegen bedeutend stärker als ihre auf die Erde wirkende Kraft, und daher hält ihn die Kraft der Sonne länger in diesem Theile seiner Bahn auf, und die Sonne zieht ihn näher zu sich hin, als es der Fall seyn würde, wenn der Mond sich beim Neumond in der mittlern Entfernung von der Erde befände. Also trägt die Attraction der Sonne sowohl im Neu- als im Vollmonde zur Verlängerung der elliptischen Bahn bei, wenn die Erdnähe mit dem Vollmonde zusammen trifft. Eben das findet statt, wenn der Mond beim Neumonde der Erde am nächsten ist, was bei der Stellung der Erde in F der Fall seyn würde. Hier nämlich ist die gegen die Sonne hin ziehende Kraft, wenn der Mond in G ist, schwächer als für die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde, weil er der Erde nahe, eben deshalb aber von der Sonne entfernter ist, als es im Neumond bei der mittlern Entfernung der Fall wäre; er wird also sich schneller als sonst von der Sonne entfernen, und daher beim nächsten Vollmond noch mehr von der Sonne entfernt seyn, als es die ursprüngliche elliptische Bahn mit sich brachte. Im entgegengesetzten Theile seiner Bahn, bei H, verweilt er dagegen noch länger, als es ohne Mitwirkung der Sonne geschehen würde, weil die Sonne auf ihn sehr viel schwächer als auf die Erde wirkt. Dagegen nähert sich die relative Mondbahn mehr dem Kreise, wenn er in K zur Zeit der Viertel in der Absidenlinie ist, weil die Sonne jetzt die Mondbahn in der Richtung MN zu erweitern strebt, wodurch der kürzere Durch-

messer der Ellipse einigermaßen dem längern Durchmesser gleicher gemacht wird.

Da diese von der Sonne hervorgebrachten Wirkungen sehr von der Entfernung der Sonne abhängen, so läßt sich auch aus diesen beobachteten Ungleichheiten auf die verhältnißmäßige Entfernung des Mondes und der Sonne von der Erde zurückschließen. Die Beobachtungen selbst zeigen, daß dieses Verhältniß hier in Betrachtung komme, indem die Bewegung des Mondes etwas anders ist bei der kleinsten Entfernung der Erde von der Sonne im Winter, als bei der größesten Entfernung der Erde von der Sonne um die Zeit des längsten Tages.

Im Allgemeinen trägt die Wirkung der Sonne immer bei, den Mond etwas von der Erde zu entfernen und die Zeit seines Umlaufs um die Erde zu verlängern, und beides bewirkt sie am meisten, wenn sie uns am nächsten ist. Im Neumond nämlich wirkt allemal die Sonne stärker auf den Mond als auf die entferntere Erde, und zieht ihn dadurch näher zu sich hin, weiter von der Erde ab; im Vollmond trägt sie abermals bei, ihn von der Erde zu entfernen, weil der Mond hier schneller fortgeht als die Erde, und eine größere Schwungkraft hat, als durch die Attraction der Sonne im Gleichgewicht gehalten werden könnte, woraus ein Bestreben von der Erde abwärts zu gehen, hervorgebracht wird, das zwar durch die anziehende Kraft der Erde unwirksam gemacht wird, doch aber dem Monde seine Bahn etwas weiter von der Erde entfernt anweist. Beim Neumonde und beim Vollmonde hat also der Mond ein Bestreben, sich weiter von der Erde zu entfernen, als er es haben würde, wenn er sich, frei von der Einwirkung der Sonne, bloß um die Erde bewegte; um die Zeit der Viertel, hat die Sonne zwar einen entgegengesetzten Einfluß, aber dieser ist nicht hinreichend um jenen aufzuheben; und eine genaue Rechnung zeigt, daß jene Einwirkung die überwiegende ist, und daß sie die Umlaufszeit des Mondes etwas vergrößert. Diese Einwirkung ist am größesten, wenn die Sonne der Erde am nächsten ist, und daher sind die Umläufe des Mondes um die Zeit des Perihelii,

sehen, sich dadurch nur unerheblich wenig von A entfernt; bei dieser Stellung der Erde beobachten wir also die Verfinsterungen in Zwischenzeiten von 42 Stunden 28 Minuten. Dagegen wenn die Erde in D angekommen ist, entfernt sie sich, selbst in der kurzen Zeit von 42½ Stunden, sehr bedeutend, nämlich um 620000 Meilen vom Jupiter, und da die Beobachtung zeigt, daß die Zwischenzeit zwischen zwei Eintritten in den Schatten hier 15 Secunden mehr als in B beträgt, so schließen wir, daß das Licht 15 Secunden brauche, um jene 620000 Meilen zu durchlaufen. Dieser Schluß wird durch alle Beobachtungen bestätiget, indem ganz regelmäßig mit der zunehmenden Entfernung die Eintritte immer etwas später, bei abnehmender Entfernung immer etwas früher beobachtet werden, genau so, wie es der allmähligen, wenn gleich schnellen Fortpflanzung des Lichtes gemäß ist.

Indem wir so die Geschwindigkeit des von den Jupitersmonden ausgehenden Lichtes bestimmen, scheint es zwar etwas übereilt, anzunehmen, daß auch das Sonnenlicht sich eben so schnell bewege; aber Sie werden sogleich sehen, daß wir die Schnelligkeit des Lichtes der Fixsterne eben so finden, und dieß dient uns wohl zu einer hinreichenden Begründung des Schlusses, daß ohne Zweifel alles zu uns gelangende Licht eben die Geschwindigkeit besitze. Eine genauere Vergleichung der Beobachtungen zeigt, daß das Licht 40540 geographische Meilen in 1 Secunde durchläuft, also sich ungefähr 10000 mal so schnell, als die Erde in ihrer Bahn fortbewegt, und daß die Zeit, in welcher es von der Sonne zu uns gelangt, 8 Minuten 13 Secunden ist.

Diese Vorbereitung war nothwendig, um Sie von der Ursache der kleinen Aenderung in der scheinbaren Stellung der Sterne zu unterhalten, welche Bradley zuerst entdeckte, oder die Abirrung, Aberration des Lichtes zu erklären, und diese Erklärung wird sich am besten als Beantwortung der Frage darstellen lassen: wie müssen wir unser Fernrohr bei der Beobachtung eines Fixsterns aufstellen, um den zu uns herüberströmenden Lichtstrahl richtig aufzufangen? Ein aus ganz gewöhn-

Eccentricität der Erdbahn endlich eine Grenze erreichen und dann die Erdbahn sich wieder mehr vom Kreise entfernen wird, so wird auch nicht unaufhörlich der Mond der Erde näher kommen, sondern wenn gleich diese geringe Aenderung der Bewegung noch einige Jahrtausende im Zunehmen ist; so wird sie doch endlich wieder abnehmen, und die Ordnung der Erscheinungen, die wir jetzt beobachten, nie sehr wesentlich verändert werden.

Diese Betrachtung aller, selbst geringfügig scheinender Umstände, von welcher ich Ihnen heute einen Begriff zu geben gesucht habe, trägt, wie Sie aus meiner, freilich oberflächlichen Darstellung wohl übersehen werden, sehr dazu bei, die Ueberzeugung zu befestigen, daß die Theorie der gegenseitigen Anziehung in der That alle Erscheinungen der Himmelskörper vollkommen richtig erkläre. Und eben diese theoretische Untersuchung aller Umstände der Bewegung belehrt uns zugleich, daß die Unregelmäßigkeiten, die wir in den Beobachtungen wahrzunehmen glauben, nicht wirkliche Unordnungen sind, daß sie nicht auf eine künftig, wenn auch erst nach Jahrtausenden eintretende Zerstörung der jetzt bestehenden Ordnung hindeuten, sondern daß alle Kräfte so gegen einander abgemessen sind, daß diese kleinen Schwankungen sich immer ausgleichen, und dem Sonnensysteme eine ewige Dauer zuzusichern scheinen.

* *

Eben solche Untersuchungen, wie die sind, welche ich über unsern Mond Ihnen mitgetheilt habe, lassen sich nun auch über die Bewegung der Monde des Jupiter, Saturn und Uranus anstellen. Auch ihre Bewegungen folgen den Attractionsgesetzen, und man kann dieß namentlich von den Jupitersmonden, die sehr viel beobachtet worden sind, und deren Störungen man sehr genau berechnet hat, mit großer Bestimmtheit sagen.

Zu welchen Folgerungen die Beobachtungen aller dieser Monde geführt haben, davon werde ich Sie in der Folge, wo ich Ihnen Mehreres über die natürliche Beschaffenheit

der Himmelskörper mitzutheilen gedenke, unterhalten. Hier gebe ich Ihnen nur ein Verzeichniß der Abstände dieser Monde von ihren Hauptplaneten, und ein Verzeichniß der Umlaufszeiten. Von den Monden des Uranus sind nur zwei erwähnt, da das Daseyn mehrerer zwar erwiesen, ihr Abstand und ihre Umlaufszeit aber sehr ungewiß ist.

Der Ring des Saturn ist ein den Saturn umgebender ringförmiger Körper von geringer Dicke. Der Saturn schwebt frei im Mittelpunkte der beiden concentrischen Kreise, welche die Begrenzung des Ringes ausmachen, und da der Durchmesser des Saturn ungefähr 17000 Meilen beträgt, so geben die Zahlen der folgenden Tafel eine hinreichende Vorstellung von seinem Abstande vom Saturn.

dem Sterne zu richten müssen, sondern selbst, wenn die Strahlen des Sternes senkrecht gegen die Ebne der Erdbahn herabkommen, müssen wir unser Fernrohr ein wenig vorwärts neigen, um den Strahl richtig aufzufangen, und diese kleine Abweichung des Fernrohres von derjenigen Stellung, die es auf der ruhenden Erde haben sollte, heißt nun die Aberration, Abirrung des Lichtes.

Da die Erde sich in einem Kreise bewegt, und unser Fernrohr immer vorwärts geneigt bleiben muß, so scheint der Stern uns im Laufe eines Jahres einen kleinen Kreis um den Ort, den er eigentlich einnehmen sollte, zu beschreiben. Auf jenem Schiffe mußte ich, wenn es immer gleich schnell, aber im Kreise, herumgerudert wird, das Rohr immer vorwärts neigen, und der Regen scheint mir aus Süden zu kommen, wenn ich mich nach Süden zu bewege, aus Osten, wenn ich auf meinem Kreise nach Osten fortrücke, und so ferner; oder der immer vertical herabfallende Regen giebt mir, während ich den ganzen Kreis durchschiffe, nach und nach die Erscheinung, als ob er von allen Himmelsgegenden herkomme, als ob er von Punkten herkomme, die in einem Kreise um mein Zenith herum liegen.

Die so entstandene scheinbare Abweichung des Sternes von seinem wahren Orte ist aber von der Parallaxe wesentlich verschieden. Steht der Stern genau im Pole der Ecliptik, oder sendet er seine Strahlen senkrecht auf die Ebne der Erdbahn herab, so würde er von der ruhenden Erde aus, im Pole der Ecliptik als seinem wahren Orte, erscheinen; auf der bewegten Erde, wo wir unser Fernrohr vorwärts neigen müssen, erscheint er uns ein wenig gegen den Widder zu vom Pole der Ecliptik entfernt, wenn die Erde sich gegen den Widder zu bewegt, das ist, wenn sie sich (Tab. X, Fig. 13.) in C befindet; er scheint etwas gegen den Krebs hin herabgerückt, wenn die Erde sich in D gegen den Krebs zu bewegt; er beschreibt daher scheinbar einen eben solchen kleinen Kreis um den Pol, wie er es vermöge der Parallaxe thun würde, aber er ist zu andern Zeiten dem Widder oder Krebse näher gerückt, als es durch die Parallaxe geschähe. Wenn die Erde in C ist, so

Drei und zwanzigste Vorlesung.

Unter den Erscheinungen, deren Erklärung die Theorie der anziehenden Kräfte uns darbietet, sind noch zwei übrig, für welche ich mir heute Ihre Aufmerksamkeit erbitten will; das nächste Mal werde ich Sie dann mit den Kometen unterhalten. Jene beiden Erscheinungen sind, das Rückgehen der Nachtgleichen und die Ebbe und Fluth.

Was man unter dem Zurückgehen des Nachtgleichenpunktes versteht, habe ich schon sonst erwähnt *). Die Ecliptik, wenn gleich auch sie nicht Jahrtausende durch, bei denselben Sternen bleibt, ist doch so ungemein wenig veränderlich, daß wir sie hier, wo von einer andern viel merklichern Bewegung die Rede seyn soll, als auf lange Zeiten gleich bleibend ansehen können; und diesen unveränderlichen Kreis, die Bahn der Sonne am Himmel, durchschneidet der Aequator in zwei, einander gerade gegenüber liegenden Punkten, welche die Nachtgleichenpunkte heißen. Diese Punkte nun bleiben nicht unveränderlich, und der ganze Himmels-Aequator geht nicht immer durch dieselben Sterne, und eben deshalb liegt auch der Pol des Himmels, um welchen wir alle Sterne ihre Kreisläufe vollenden sehen, nicht unveränderlich bei den Sternen, wo wir ihn jetzt sehen, sondern ist ehmals weit vom jetzigen Polarsterne entfernt gewesen, und wird sich auch künftig wieder von ihm entfernen.

Sie erinnern sich, daß der Pol des Himmels nur darum uns als Angelpunkt der Himmelskugel erscheint, weil die wahre Axe der Erde gegen ihn zu gerichtet ist, und wenn also der Pol des Himmels seinen Ort ändert, so heißt das nur, die Axe der Erde ändert nach und nach ihre Richtung

---

*) Am Ende der 7ten Vorlesung.

wird. Gäbe es Sterne, deren Licht langsamer zu uns käme, so würden sie eine größere Ellipse zu durchlaufen scheinen; aber solche Sterne hat man nicht gefunden, sondern bei allen genau angestellten Beobachtungen findet sich die Aberration, derjenigen Geschwindigkeit des Lichtes, die aus den Verfinsterungen der Jupitersmonde geschlossen worden, so entsprechend, daß man keine Verschiedenheit, die für unsre Beobachtungen merklich wäre, wahrnehmen kann.

In dieser Beobachtung der Aberration liegt nun auch ein neuer Grund für die Behauptung, daß die Erde sich bewege; ruhete sie, während Sonne und Planeten um sie laufen, so könnte diese Abweichung nicht statt finden, indem diese eine Folge der zugleich statt findenden Bewegung der Erde und des Lichtes ist.

strengsten Sinne richtig, da sie in jedem Jahre sich etwa so viel von ihrer vorigen Lage entfernt, als nöthig ist, um jenen kegelförmigen Umlauf in 25000 Jahren zu vollenden.

Diese Aenderung in der Lage der ganzen Erde gegen die Gestirne ist Ihnen nun gewiß klar, ich will jetzt versuchen, Ihnen den physischen Grund dieser Erscheinung zu entwickeln.

Wäre die Erde eine genaue Kugel, so würde die anziehende Kraft der Sonne auf die Rotation der Erde um ihre Axe gar keinen Einfluß haben; die Erde würde dann wirklich mit immer parallel bleibender Axe ihre Umläufe um die Sonne vollenden; dagegen ist dieß nicht mehr ganz so, da die Erde eine späroidische Form hat, oder an den Polen etwas abgeplattet ist. Die Erde bewegt sich nämlich, wie Sie wissen, so in ihrer Bahn, daß die Ebne des Aequators gegen die Ecliptik geneigt ist, und die anziehende Kraft der Sonne hat unaufhörlich das Bestreben, die Ebne des Aequators mit der Ebne der Ecliptik zu vereinigen, den Aequator zur Ebne der Ecliptik herabzuziehen.

Um diese etwas schwierige Betrachtung besser zu übersehen, wollen wir uns eine nicht bloß wenig abgeplattete, sondern eine geradezu tellerförmige Erde denken, die (Fig. 67.) in der Figur als gerade Linie DE dargestellt, gegen die Ebne der kreisförmigen Bahn ABC geneigt, um die Sonne S läuft. Die Schwungkraft erhält, wie Sie schon wissen, indem sie der Anziehungskraft der Sonne das Gleichgewicht hält, die Erde auf ihrer Bahn, und es ist daher ganz so, als ob der Erdenteller DE in seinem Mittelpunkte A fest gehalten würde, und nun, um eine auf DE senkrechte Axe rotirend, die Lage anzunehmen suchte, die der anziehenden Kraft der Sonne gemäß ist. Sie werden sich leicht überzeugen, daß diese Kraft dahin wirkt, diesen Erdenteller platt auf die Ecliptik zu legen; denn die auf den Punkt D wirkende, nach DS gerichtete Kraft kann zwar theils als ein Bestreben, D nebst der ganzen Erde mit AS parallel fortzuziehen, angesehen werden, theils aber zieht diese Kraft auch den Punkt D senkrecht gegen AS zu; und während der erstern Kraft durch die Schwungkraft der auf ihrer Bahn forteilenden Erde das

Gleichgewicht gehalten wird, scheint der letztern gar nichts zu widerstehen. Eben so wie D werden alle Punkte in AD, wenn gleich die näher bei A liegenden schwächer, gegen die Ebne der Ecliptik herangezogen und die in AE liegenden Punkte haben genau eben so ein Bestreben, sich gegen Ae hin zu begeben.

Dieses Bestreben ist also in Beziehung auf jeden einzelnen Punkt D, als eine Kraft, die den Punkt gegen AS zu, oder vielmehr gegen die Ebne der Ecliptik zu, zieht, anzusehen. Betrachten wir nun einen solchen Punkt D, so hat dieser wegen der Rotation des Erdentellers eine Wurfbewegung, vermöge welcher er über die Ebne der Erdbahn weg nach F zu fliegt; die gegen die Ebne der Erdbahn herab ziehende Kraft bringt ihn also nicht geradezu zum Herabfallen, sondern sie kann ihn nur ein wenig von seiner ursprünglichen Bahn ablenken, und ein wenig früher in f zum Einschneiden, in die Ebne der Ecliptik bringen. Seine ganze Bahn, wenn er allein da wäre, würde also nicht DF, sondern Df seyn, und der Punkt D, der, wenn die Sonne nicht so herabziehend auf ihn gewirkt hätte, in der Ebne des Erdentellers blieb, weicht, dem Zuge der Sonne nachgebend, ein wenig von dieser Ebne ab; — oder vielmehr, da er mit dem ganzen Erdenteller verbunden ist, und eine ähnliche Einwirkung auf alle Punkte des Erdentellers statt findet, zieht er den Erdenteller mit fort, die Lage der Ebne des Tellers ändert sich ein wenig, die Drehungsaxe wendet sich nach einem andern Punkte des Himmels. Da die Bewegung des Punktes D, so wie die Rotation der Erde, ostwärts geht, und also der Punkt D in seinem östlichen Fortgange eine solche Aenderung leidet, daß der Einschnittspunkt f etwas westlicher als F liegt, so ist die Durchschnittslinie des Erdentellers mit der Ebne der Erdbahn etwas westlich fortgerückt; denn was ich von einem Punkte sagte, gilt von dem ganzen Teller, mit welchem dieser Punkt fest verbunden ist.

Die Wirkung der Sonne beschränkt sich also, wegen der Rotation des Tellers um eine auf seine Ebne senkrechte Axe, darauf, die Lage seiner Ebne so zu ändern, daß jene Durch-

scheinbare Bewegung so beschaffen seyn, daß die sehr kleinen Bogen, welche wir sie durchlaufen sehen, verlängert, zu jenem Punkte hin führten. Herschel und Prevost suchten deßhalb die Durchschnittspunkte der verlängerten Bogen, die wir als durchlaufene Wege einzelner Sterne kennen, und glaubten daraus schließen zu dürfen, daß unsre Sonne sich gegen das Sternbild des Hercules zu bewege, indem die meisten und erheblichsten Fortrückungen der Sterne von diesem abwärts zu gehen schienen. Herschel hat die Richtung, nach welcher unsre Sonne sich bewegt, noch genauer zu bestimmen gesucht, und sogar die Geschwindigkeit derselben ausmitteln wollen; aber das letztere scheint für jetzt noch ganz unmöglich, und selbst das erstere kann nicht mit der Sicherheit geschehen, wie man es aus den frühern, nicht sehr zahlreichen Beobachtungen für möglich hielt. Es läßt sich nämlich wohl einsehen, daß die wirklich eignen Bewegungen der einzelnen Sterne sich auf die mannigfaltigste Weise mit dem, was die Bewegung der Sonne bewirken würde, verbinden, und uns nicht so leicht die Bewegung unsers eignen Standpunktes wahrnehmen lassen; aber wenn gleich dadurch die Entscheidung über die Richtung unsrer eigenthümlichen Bewegung sehr erschwert wird, so muß doch bei länger fortgesetzten Beobachtungen endlich ganz gewiß auch die Beantwortung dieser Frage hervorgehen. Denn so ungleich auch die Richtungen der einzelnen Sterne seyn mögen, so werden doch die, welche sich unsrer Sonne entgegen bewegen, am meisten, die, welche mit ihr nach einerlei Gegend hin rücken, am wenigsten scheinbar fortrücken; die Sterne, deren wahre Bewegung senkrecht auf die Richtung der Bewegung unsrer Sonne ist, werden uns dennoch ein kleines Hinrücken zu dem Punkte, von dem die Sonne weg rückt, zeigen; und so wird, wenn man alle eigne Bewegungen zusammen nimmt, sich etwas Ueberwiegendes für die der Sonne eigenthümliche Richtung zwischen der ungemein Mannigfaltigkeit der eignen Bewegungen doch endlich nicht verkennen lassen. Wäre aber die Richtung, nach welcher unsre Sonne sich bewegt, bekannt, so lernten wir aus der scheinbaren eignen Bewegung jedes Sterns seine wahre Bewegung besser kennen, und so übersehen Sie,

daß eine ferne Nachwelt, selbst aus diesem irdischen Standpunkte, wohl zu viel vollkommneren Kenntnissen über diese Bewegungen gelangen, ja endlich auch ihre Gesetze, von welchen Kräften sie abhängen, ob es Bewegungen um bestimmte Mittelpunkte sind, u. s. w. — kennen lernen kann. — Ein Studium freilich, das in Jahrtausenden erst zur Reife kommen kann, würde dazu erfordert; aber dennoch liegt etwas Erfreuliches darin, zu erkennen, daß der unendliche Reichthum der Natur dem forschenden Geiste des Erdbewohners immer neuen Stoff zur Untersuchung darbieten, und seine Forschungen immer mit neuen, reichen Genuß gewährenden Kenntnissen belohnen wird.

Ob wir schon jetzt auf dem Wege sind, jenes Ueberwiegende der eignen Bewegungen nach einer gewissen Richtung zu bemerken, ob nämlich Ponds Behauptung, es zeige sich ein allgemeines Südwärtsrücken der Sterne, eine solche Andeutung gebe, wage ich nicht zu sagen. Bessels auf eigne Beobachtungen und auf die gründlichste Untersuchung aller vorhandenen Beobachtungen gegründeten Zweifel, daß unsre bisherigen Beobachtungen irgend eine Andeutung der Art geben könnten, haben zu viel Gewicht, als daß wir der Hoffnung, schon jetzt einen Schritt zu jenem fernen Ziele zu thun, Gehör geben dürften.

Andre an jene eigne Bewegungen geknüpften Vermuthungen, es sei eine Centralsonne, um welche die Sterne ihre Umläufe vollenden, oder es möge sogar ein ungemein großer dunkler Körper seyn, der mit mächtiger Anziehung sie in ihren Bahnen erhalte, — liegen zu weit über alles, was die Beobachtung ergiebt, hinaus, und übertragen das, was wir im Kleinen kennen, mit zu vieler Dreistigkeit auf jenes unermeßliche Weltgebäude, als daß es angemessen scheinen könnte, dabei länger zu verweilen.

* * *

Ich gehe jetzt zu einer Erzählung dessen über, was uns über die Beschaffenheit der Fixsterne, über ihre gegenseitige Lage und Entfernung, über ihre Verbindung zu abgesonderten Sternsystemen, u. s. w. bekannt ist.

Daß die Fixsterne an Glanz unsrer Sonne gleichen, habe ich neulich schon erwähnt. An Größe mögen sie sehr verschieden seyn, und es kann daher leicht seyn, daß manche nähere Sterne uns dennoch klein erscheinen, wenn sie nämlich wirklich von geringer Größe sind. Im Allgemeinen indeß haben wir keinen Grund, die Sterne, die sich uns als einzelne Sterne zeigen, für erheblich kleiner als die Sonne anzusehen. Die Farbe der Sterne ist sehr verschieden. Selbst unter den helleren Sternen zeichnet Sirius sich durch ein weißes, eher ins bläuliche übergehendes Licht, Aldebaran und die Schulter des Orion zeichnen sich durch ein rothes oder orangefarbnes Licht aus. Eben solche und noch größere Ungleichheiten finden sich unter den kleineren Sternen, deren einige sehr blau, andre vollkommen gelb, röthlich, weiß sind; Herschel giebt sogar grüne, granatfarbene, und violette Sterne an.

Die verschiedene Größe oder vielmehr den ungleichen Glanz der Sterne pflegen wir so zu unterscheiden, daß wir den hellesten Sternen die erste Größe beilegen, die minder hellen zu den Sternen zweiter Größe und so weiter rechnen. Die Grenze ist hiebei ziemlich unbestimmt, und man bleibt oft zweifelhaft, ob man einen Stern zu denen dritter oder vierter Größe rechnen soll; die Sterne sechster Größe sind ungefähr die, welche ein gutes Auge bei vollkommener Dunkelheit und recht heiterm Himmel noch als die kleinsten ohne Fernrohr erkennt. Auf eine genauere Bestimmung dieses Glanzes komme ich nachher. Unter den sehr kleinen Sternen bemerkt man, wie Olbers anführt, einige, die bei gleicher Lichtstärke, bei einem im Ganzen gleich starken Eindrucke auf das Auge, funkelnder erscheinen, andre, die ein mehr ruhiges Licht zeigen. Nach Olbers Meinung möchte man den letztern eine geringere Intensität des Lichtes bei etwas größerm Durchmesser (der freilich immer unmeßbar klein bleibt,) zuschreiben, und annehmen, daß ihr

Licht aus ungemein großen Fernen zu uns gelangend sehr geschwächt sei.

Noch eine andre Verschiedenheit scheint sich in dem zu zeigen, was besonders South bei Beobachtung von Doppelsternen anführt. Einige, deren Licht sehr schwach war, erschienen schlecht begrenzt, und ertrugen weder Vergrößerung noch Erleuchtung des Gesichtsfeldes, *) andre waren gleichfalls schwach an Licht, aber sie zeigten sich bei einer sehr schwachen Erleuchtung des Gesichtsfeldes deutlicher als ohne Erleuchtung; mehrere der Sterne, von welchen das eine und mehrere, von welchen das andre gesagt wird, waren blaßblau.

Der Glanz einiger Sterne ist veränderlich, und diese Ungleichheit des Glanzes ist bei mehrern Sternen sehr strenge periodisch, bei andern nicht ganz regelmäßig, und wieder bei andern scheint eine langsame, erst in langer Zeit merkliche Aenderung statt zu finden. Unter den mit großer Genauigkeit periodisch gleich erscheinenden Sternen ist Algol einer der merkwürdigsten. Er steht in dem Medusenhaupte, welches Perseus in der Hand hält, und man findet das mit sehr zahlreichen Sternen ausgestattete Sternbild des Perseus leicht, wenn man den sehr schönen Stern Capella kennt, von welchem Perseus ein wenig rechts in der Milchstraße steht; — Algol macht mit Algerib im Körper des Perseus, und Alamak im Fuße der Andromeda ein beim Algol rechtwinkliches Dreieck. Dieser Stern erscheint gewöhnlich als Stern zweiter Größe; aber zu gewissen Zeiten nimmt sein Licht während $3\frac{1}{2}$ Stunden so ab, daß er bis zur vierten Größe herabsinkt; dieses kleinste Licht dauert nur kurze Zeit, und er erlangt in $3\frac{1}{2}$ Stunden sein volles Licht wieder. Die Erscheinungen folgen sich mit solcher Regelmäßigkeit, daß man die Zeit des kleinsten Lichtes auf Jahre lang voraus berechnen kann, und Wurms Vorausberechnungen zeigen sich seit vielen Jahren richtig. Nach seinen Bestimmungen ist die Periode 2 Tage 20 Stunden 48 Min. $58\frac{3}{4}$ Sec., und mit

*) Diese Erleuchtung bedarf man bei Abmessungen, um die Fäden des Micrometers zu sehen.

Hülfe seiner Tafeln *) kann man noch immer die Zeit des kleinsten Lichts finden. Die Abnahme des Lichtes fängt zwar schon vier Stunden vor dem kleinsten Lichte an, ist aber anfangs unbedeutend, und erst später wird der Stern in starken Fortschritten blässer, bleibt 18 Minuten in einem ziemlich gleichen Zustande, und nimmt dann wieder zu.

Es giebt mehrere Sterne, mit denen es sich auf ähnliche Weise verhält, nur ist bei andern der regelmäßige Wechsel nicht so auffallend. η im Antinous zum Beispiel gleicht Sternen dritter Größe, wenn er sein größtes Licht hat; er behält 40 Stunden diesen größten Glanz, nimmt 66 Stunden ab, behält 30 Stunden sein kleinstes Licht, wo er Sternen vierter Größe gleicht, und nimmt 36 Stunden zu, so daß seine ganze Periode etwas über 7 Tage beträgt. Die Periode des Sterns im Kopfe des Hercules setzt Herschel auf 60 Tage.

Andre veränderliche Sterne zeigen zwar auch eine Periode, doch ohne so genau nach gleichen Zeiten in gleichem Lichte zu erscheinen. Ein solcher ist der am Halse des Wallfisches, welcher zuweilen selbst mit den Fernröhren, die noch Sterne zehnter Größe zeigen, nicht aufzufinden ist, und zuweilen sich als Stern zweiter Größe zeigt, ja in seltnen Fällen fast Sternen erster Größe gleich wird. Nach Wurms Vergleichung aller Beobachtungen kann man seinen Erscheinungen eine Periode von 331 Tagen, oder fast 11 Monaten, beilegen. Hat man ihn mit bloßem Auge nicht sehen können, und fängt nun an, ihn mit bloßem Auge als Stern sechster Größe gewahr zu werden, so dauert es ungefähr $1\frac{1}{3}$ Monate, bis er sein volles Licht erreicht, welches er fast einen Monat lang behält; dann nimmt er ab, und hat nach etwa 2 Monaten die sechste Größe wieder erreicht, wo er dann den übrigen Theil seiner Periode dem bloßen Auge unsichtbar ist. Aber obgleich dieß ungefähr der Glanz der Erscheinungen ist, so treffen doch nicht allemal die Zeiten des größten Glanzes genau ein, und die Periode muß bald $328\frac{1}{2}$, bald $335\frac{1}{2}$ Tage betragen. Etwas Aehnliches

*) Astronom. Jahrbuch 1801 u. 1804.

findet bei dem Veränderlichen am Halse des Schwanes statt, dessen Periode jetzt länger ist, als in frühern Zeiten.

Was die Ursache dieser periodischen Ungleichheiten sei, können wir nicht mit Gewißheit angeben. Bei Algol scheint die sehr strenge Gleichheit der Periode auf eine Rotation hinzudeuten; aber wenn man auch Flecken oder große dunkle Stellen auf der Oberfläche einer leuchtenden Kugel annimmt, so bleibt man doch ungewiß, wie man es erklären soll, daß die Abnahme des Lichts kurz vor dem kleinsten Lichte so sehr schnell fortschreitet. Es würde wohl der Mühe werth seyn, den Versuch zu machen, ob man die Lichtstärke in verschiedenen Zeitpunkten während der Abnahme und Zunahme des Lichtes nicht genauer abmessend bestimmen könnte; aber gewiß würde sich finden, daß man sich keine Lage der Flecke auf einer rotirenden Kugel denken könne, die diesen Erscheinungen eines allmählig ab- und zunehmenden Lichtes entspreche. Noch weniger passend ist die Erklärung des Lichtwechsels durch eine Rotation bei den Sternen, die eine nicht so strenge Periode zeigen. Man kann zwar bei dem bald geringern bald größern Grade des hellsten oder schwächsten Lichtes, an die Ungleichheit der Flecken unsrer Sonne denken, und also sagen, ein Stern, wie der im Wallfische, dessen eine Seite fast ganz dunkel seyn müßte, erleide auch auf der hellen Seite Veränderungen, die ihn bald als Stern erster Größe, bald nicht so hell zu sehen gestatteten; aber in Hinsicht auf die Zeit der wiederkehrenden Ungleichheiten des Glanzes scheinen die Gesetze der Axendrehung nicht leicht solche Ungleichheiten zu gestatten, daß man die beobachteten Wechsel daraus erklären dürfte. Als eine andre Erklärung, die auch einige Gründe für sich hat, kann man noch folgende anführen. Wenn um einen selbstleuchtenden Stern sich ein fast eben so großer dunkler Körper bewegte, oder wenn beide sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegten, so könnte der dunkle uns zu gewissen Zeiten den hellen ganz oder zum Theil verbergen. Diese Bewegung könnte eine sehr genau gleiche Periode haben, und uns dann ganz die Erscheinungen des Algol darbieten, wenn nämlich der ganze Vorübergang des dunkeln Körpers etwa 8 Stunden

dauerte, während die Umlaufszeit nicht vollends 69 Stunden betrüge; dagegen könnte hier auch die Periode durch die Störung andrer Körper ungleich seyn. Aber wenn man bedenkt, daß es Sterne giebt, die den kleinsten Theil der Zeit ein ansehnliches Licht zeigen, und die also mehr als die Hälfte der Periode von jenem dunkeln Körper verdeckt bleiben müßten, so scheint dieß wieder ganz unmöglich, und es erhellt hieraus, daß keine Erklärung ganz passend erscheint. Aber es ist auch klar, daß wir aus dem ungemein Wenigem, was wir von den selbstleuchtenden Himmelskörpern wissen, nicht auf alle Erscheinungen schließen dürfen, und daß hier Umstände statt finden mögen, die sich aus den Erscheinungen unsrer Sonne eben so wenig ahnden lassen, wie man die Erscheinungen des Saturnsringes als möglich vermuthen würde, wenn man bloß die übrigen Planeten kennte.

An einigen Sternen hat man ehmals einen Lichtwechsel wahrgenommen, der aber jetzt nicht mehr statt findet, und manche andre scheinen keinem periodischen Lichtwechsel unterworfen zu seyn, aber fortdauernd an Lichte abzunehmen oder zuzunehmen. Der Stern im Viereck des großen Bären, welcher dem Schwanze am nächsten steht, ist minder glänzend als ehmals; dagegen mag wohl Sirius, den Seneca noch roth nennt, an Licht zugenommen, oder wenigstens muß er ein weißeres Licht erhalten haben.

Um diese, vielleicht im Laufe von Jahrhunderten immer merklicher werdenden, vielleicht auch periodisch in langen Zeiträumen sich wieder ausgleichenden Aenderungen, künftig sicherer wahrzunehmen, hat Herschel für eine große Menge von Sternen viele Vergleichungen, welche Sterne einander gleich, welche nur wenig ungleich sind, aufgezeichnet, und es wird sich daher künftig, wenn man diese Vergleichungen wiederholt, eine sehr sichre Bestimmung über die gleichbleibende oder veränderliche Größe dieser Sterne ergeben.

Eine der merkwürdigsten veränderlichen Erscheinungen bieten die unter dem Namen neuer Sterne in der Geschichte der Astronomie aufgeführten Sterne dar, die nur kurze Zeit mit

lebhaftem Glanze erschienen, und dann gänzlich, und wie es uns scheint, für immer verschwunden sind. Am auffallendsten hat sich der von Tycho 1572 beobachtete in der Cassiopeja gezeigt. Er erschien an einem Orte des Himmels, den Möstlin kurze Zeit vorher beobachtet hatte, ohne diesen Stern zu sehen, und der neue Stern mußte also im November 1572 sehr schnell den ungemeinen Glanz erlangt haben, mit welchem er alle Sterne übertraf, der Venus an Lichte gleich kam, und selbst am Tage zu sehen war. Er zog durch diesen ungewöhnlichen Glanz das Auge aller Beobachter des Himmels auf sich, man fand, daß er als Fixstern erschien und seine scheinbare Lage nicht änderte; aber schon ehe zwei Monate nach seinem ersten so glänzenden Erscheinen verflossen waren, nahm sein Licht ab, und schwächer und immer schwächer sich zeigend, verlor man ihn im März 1574 aus den Augen, ohne daß jetzt eine Spur von diesem glänzenden Sterne aufzufinden ist. Auf ähnliche Weise plötzlich erscheinend und bald verschwindend zeigte sich zu Keplers Zeit ein Stern im Schlangenträger; ein andrer soll zu Hipparchs Zeit sichtbar gewesen seyn. —

Was hier für plötzliche so ungemein große und dennoch so bald vorübergehende Veränderungen statt gefunden haben, darüber läßt sich kaum irgend eine Vermuthung wagen.

Sechs und vierzigste Vorlesung.

Da es uns, wie Sie, m. h. H., gesehen haben, so gänzlich an Mitteln fehlt, die Entfernung der Fixsterne zu bestimmen, indem eine Parallaxe bei keinem merklich ist, so scheint die Frage, ob einige Sterne einander nahe stehn, zusammen ein System bilden mögen, schwer zu beantworten; und dennoch leiten uns genauere Beobachtungen auch zu der Beantwortung dieser Frage.

Wir finden so ungemein zahlreiche Doppelsterne am Himmel, das ist, solche Sterne, die zu zweien, dreien oder mehrern einander sehr nahe stehen, daß wir zu der Frage veranlaßt werden, ob denn nicht diese wirklich näher mit einander verbunden seyn sollten. Allerdings können Sterne, die höchst entfernt von einander sind, uns doch den Anschein, als stånden sie einander sehr nahe, darbieten, da sie beinahe in derselben Richtung weit hinter einander stehen können. Aber obgleich dieß möglich ist, so ist es doch unwahrscheinlich, daß es so oft vorkommen sollte, als sich die Doppelsterne uns am Himmel zeigen, und dieß schon veranlaßt uns, die Doppelsterne als Sternsysteme anzusehen, wenn wir gleich zugeben müssen, daß unter ihnen manche nur anscheinend nahe verbunden, nur scheinbar Doppelsterne, seyn mögen.

Diese Vermuthung bewog schon kurz nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts Christian Maier, diese Doppelsterne, als zu einem Systeme verbunden, anzusehen, und obgleich seine Beobachtungen über ihre gegenseitigen Bewegungen nicht recht gelungen sind, so verdient doch sein Gedanke, daß solche gegenseitige Bewegungen uns von einer wirklich zwischen ihnen bestehenden Verbindung überzeugen könnten, mit allem Rechte erwähnt zu werden. Herschels Beobachtungen haben uns weiter geführt. Er ist der erste, der durch wiederholte Beobachtungen vieler Doppelsterne gezeigt hat, daß manche unter

ihnen eine deutliche Bewegung um einander haben, und da zugleich andre Beobachtungen zeigen, daß einige Doppelsterne eine gemeinschaftliche eigne Bewegung haben, so ist es wohl deutlich entschieden, daß diese Doppelsterne einander nahe stehen.

Unter den Doppelsternen, die zusammen unter den übrigen fortrücken, ist Nr. 61. im Schwane, auf dessen starke eigne Bewegung Piazzi und Bessel aufmerksam gemacht haben, der merkwürdigste. Diese beiden Sterne, die jährlich 5 Secunden fortrücken, haben sich seit Bradley's Beobachtungen nicht von einander entfernt, obgleich sie in dieser Zeit sich um 6 Minuten den Sternen, gegen welche sie zu gehen, genähert haben. Aehnliche gemeinschaftliche Fortbewegung findet Bessel bei mehreren Doppelsternen, die also gewiß Systeme verbundener Sterne ausmachen. Die Beobachtungen, welche von Herschel zuerst ausgeführt, von Struve, dem jüngern Herschel und South eifrig fortgesetzt sind, haben uns zugleich über die Bewegung dieser Sterne um einander schon so viel gelehrt, daß wir bei manchen Doppelsternen die Umlaufszeit mit ziemlicher Sicherheit angeben können. Für eben jenen Stern 61. im Schwan, dessen beide Sterne mehrere Astronomen beobachtet haben, ergiebt sich die gegenseitige Stellung seit 75 Jahren so geändert, daß man einen Umlauf des einen um den andern in etwa 350 Jahren annehmen kann. Der scheinbare Abstand dieser Sterne ist 16 Secunden, und da sie keine Parallaxe zeigen, also die ganze Erdbahn von dort aus gesehen noch nicht 1 Secunde im Durchmesser erscheint, so ist ihr Abstand von einander wenigstens 32 mal so groß, als der Abstand der Erde von der Sonne, ja er mag wohl 100 mal so groß seyn, da die ganze Parallaxe vielleicht noch nicht $\frac{1}{3}$ Secunde beträgt, und überdas die Richtung der Gesichtslinie gewiß nicht grade senkrecht gegen die Abstandslinie beider ist. Nach den Bewegungsgesetzen würde ein um unsre Sonne laufender Planet 350 Jahre zu seinem Umlaufe gebrauchen, wenn er nicht völlig 50 mal so weit, als die Erde, von der Sonne entfernt wäre, und daraus läßt sich schließen, daß jene beiden Sterne zusammen wohl gewiß an Masse eben so groß als unsre Sonne seyn mögen.

Die höchsten Fluthen treten dann ein, wenn Neumond oder Vollmond mit der Erdnähe des Mondes zusammen treffen, vorzüglich dann, wenn der Mond zugleich dem Aequator des Himmels nahe steht.

Wäre die ganze Erde mit Wasser bedeckt, so würde der Gipfel der Fluthwelle beim Neu- und Vollmond genau an dem gegen den Mond gekehrten Punkte und an dem ihm entgegengesetzten Punkte liegen; an dem Tage nach dem Neumonde würde der Gipfel der Fluthwelle zwischen den Punkten liegen, welche den Mond und die Sonne im Zenith sehen u. s. w. Ganz so verhält es sich auf der nur zum Theil mit Wasser umgebenen Erde nicht, indem die Fluthwelle sich nicht so ungehindert über seichte Gründe, durch Meerengen und so weiter fortpflanzt. Wegen dieser Schwierigkeit der Fortpflanzung tritt nicht mit dem Durchgange des Mondes durch den Meridian die höchste Fluth ein, sondern zu andern Zeiten, die sich nach der Schwierigkeit jener Fortpflanzung bestimmen. Daher bringt eben die Fluth, deren höchstes Wasser in Brest um $3\frac{1}{2}$ Uhr eintritt, erst um 9 Uhr bei Havre de Grace, um 12 Uhr bei Ostende höchstes Wasser, woran offenbar die Schwierigkeit des Eintretens durch den Kanal Schuld ist.

Bei diesem Fortrücken der Fluth muß ich aber noch das bemerken, daß das Fortrücken der Fluthwelle nicht als ein in beinahe 25 Stunden die Erde umkreisender Strom anzusehen ist. So wie bei dem scheinbaren Fortlaufen der gewöhnlichen Welle dasselbe Wassertheilchen sich bloß hebt und senkt, ohne bedeutend fortgeführt zu werden, obgleich der Wellenberg sich schnell weiter fortrollt, eben so bleibt auch beim Wechsel der Fluth und Ebbe das bald gehobene bald gesenkte Theilchen ziemlich an eben der Stelle, und würde auf einer ganz mit Wasser bedeckten Erde noch weniger fortrücken, als es allerdings bei dem Zustande der Erde, den wir kennen, wo nämlich ein Einströmen des fluthenden Wassers in Meerengen und Strömen vorkommt, der Fall ist.

Hiemit hätte ich wohl alles gesagt, was zur Erklärung der Hauptphänomene nothwendig ist; aber es wird Ihnen viel-

hender Planet 100 Jahre zu einem Umlaufe brauchen sollte, knüpfen wollte, so würde man allerdings ganz andre Resultate, als diejenigen, erhalten, die meine eben geführten Rechnungen ergeben. Aber wer nur selbst einmal einen Doppelstern beobachtet hat, der sieht sogleich, was jene nach scheinbaren Sterndurchmessern geschätzten Distanzen sagen wollen, nämlich daß sie nur auf eine bestimmte Vergrößerung und auf ein bestimmtes Instrument gehen, und also zwar zu einiger Vergleichung, aber nie zu einer messenden Bestimmung dienen. Die Durchmesser der Fixsterne sind so klein, daß sie auch bei starker Vergrößerung noch nicht als meßbar sich darstellen, und gleichwohl glauben wir selbst bei der schwächsten Vergrößerung, ja selbst mit bloßem Auge ihnen einen gewissen scheinbaren Durchmesser beilegen zu dürfen. Stehen daher zwei Sterne, wie die im Kopfe des Castor, des einen der Zwillinge, einander sehr nahe, so verdeckt bei geringer Vergrößerung der gemeinschaftliche Glanz beider den Zwischenraum völlig, so daß wir nur einen einzigen Stern zu sehen glauben; nehmen wir eine stärkere Vergrößerung, so zeigt sich zuerst der Stern verlängert, bei noch stärkerer Vergrößerung gespalten, und nun leitet der Anblick uns allerdings zu dem Urtheile, daß wir den Abstand dem Durchmesser des einen Sternes gleich oder selbst kleiner sehen. Aber gehen wir zu einer noch stärkern Vergrößerung fort, so nimmt der scheinbare Abstand beider Sterne genau nach Verhältniß der Vergrößerung zu, die anscheinenden Durchmesser aber vergrößern sich nicht in eben dem Maaße, sondern man würde den Abstand jetzt dem mehrfachen Durchmesser des einen gleich finden, wenn er vorhin nur dem einfachen Durchmesser gleich erschien. So erhellt, daß jene Vergleichung zwischen Abstand und scheinbarem Durchmesser zu gar keiner Abmessung dienen kann; und daß Herschel selbst sie dazu nicht angewandt wissen will, hat er durch seine umständlichen Untersuchungen über diese unrichtigen scheinbaren Durchmesser gezeigt, aus welchen hervorgeht, daß man in allen diesen Fällen gar nicht von bestimmter scheinbarer Größe reden darf, sondern daß man die wahrhaften scheinbaren Durchmesser von den täuschenden dadurch unterscheidet, daß jene mit

steigender Vergrößerung regelmäßig und verhältnißmäßig wachsen, diese dagegen nicht.

Unter den zahlreichen Beobachtungen von Doppelsternen, die jetzt durch Struve's, des jüngern Herschels und Souths Bemühungen doppelt lehrreich werden, kann ich nur einige wenige ausheben. ε des großen Bären ist ein Doppelstern, in welchem der größere fünfter Größe, der kleinere sechster Größe ist, ihr Abstand $2\frac{1}{2}$ bis $2\frac{3}{4}$ Secunden. Schon der ältere Herschel bemerkte die starke Aenderung ihres Stellungswinkels, und diese hat sich auch nachher völlig bestätigt, indem seit 1781 in 38 Jahren, nach Struve's Beobachtung, ein Fortrücken von $227\frac{1}{2}$ Graden in der Bahn des einen Sterns um den andern statt gefunden hat; darnach wäre die jährliche Bewegung 6 Grade, die Umlaufszeit 60 Jahre, und nach des jüngern Herschels noch neuern Beobachtungen könnte die Umlaufszeit wohl noch etwas kürzer seyn. Der Stern Nr. 70. im Schlangenträger ist eben so merkwürdig. Den größern setzt Struve als vierter Größe, den kleinsten als siebenter Größe an, statt daß der jüngere Herschel auch den erstern nicht so sehr erheblich größer, als den zweiten findet; der Abstand beider ist ungefähr 5 Secunden. Seit Herschels erster Beobachtung hatte der Stellungswinkel sich in 40 Jahren um 281 Grade, also jährlich um 7 Grade geändert; diese Winkelbewegung hat sich aber nach Struve's und des jüngern Herschels und Souths Beobachtungen in den letzten Jahren sehr vermindert, so daß der eine Stern eine sehr excentrische Bahn um den andern zu durchlaufen, und sich jetzt in der Sonnenferne, wo die Fortrückung langsamer ist, zu befinden scheint. Es ist zu bedauern, daß zwischen 1781 und 1804, und zwischen 1804 und 1819 gar keine Beobachtungen angestellt sind, also theils die größte Winkelbewegung nur sehr oberflächlich, theils die damit verbundene kleinste Distanz gar nicht kann angegeben werden; indeß scheint die Beobachtung von 1804 wirklich einen kleinern Abstand beider Sterne zu ergeben, als man vorher und nachher gefunden hat, und da die Umlaufszeit nicht viel über 60 Jahre betragen kann, so wird man in einem Menschenalter die relative

Bahn des einen Sterns um den andern schon sehr genau kennen lernen.

Der Stern ζ des Krebses ist ein dreifacher Stern. Bei etwas schwächerer Vergrößerung hält man ihn nur für einen Doppelstern, aber genauere Beobachtung zeigt den größern als doppelt, so daß nach Souths Angabe der erste Stern siebenter Größe ist, der zweite so wie der dritte achter Größe. Der Abstand des ersten vom zweiten ist 1 Sec., des ersten vom dritten $5\frac{1}{2}$ Sec.; der erste und zweite haben seit des ältern Herschels Beobachtung 1781 ihren Stellungswinkel um 54 Grade, jährlich $1\frac{1}{4}$ Grad verändert; bei dem ersten und dritten ist die Aenderung des Stellungswinkels noch größer. Die relative Bewegung der kleinern Sterne um den größern findet in entgegengesetzten Richtungen statt, und fortgesetzte Beobachtungen müssen hier nun erst zeigen, nach welchen Gesetzen diese drei, sehr wahrscheinlich zu einem System verbundnen Sterne ihre Bahnen weiter durchlaufen.

Eben so merkwürdig sind die zwei Sterne Nr. 36. im Schlangenträger und Nr. 30. im Scorpion. Beide sind Doppelsterne und stehen 12 Minuten von einander entfernt, und gleichwohl haben sie eine fast ganz gleiche eigne Bewegung, die jährlich 1 Sec. südlich und über $\frac{1}{2}$ Sec. westlich beträgt. Die Beobachtungen sind noch nicht lange genug fortgesetzt, um über die Aenderung der Stellungswinkel aller vier Sterne etwas zu entscheiden; aber es ist wenigstens merkwürdig, daß Sterne, die wohl sicher keine Secunde Parallaxe haben, also bei 720 Secunden scheinbaren Abstand gewiß 1400 mal so weit von einander, als wir von der Sonne, entfernt sind, dennoch in einer Verbindung mit einander stehen. Es wird sich in einer kleinen Reihe von Jahren entscheiden lassen, ob bloß die eigne Bewegung unsers Sonnensystems sich uns in dieser scheinbaren Bewegung zweier gleich weit entfernten Sterne zeigt, oder ob sie zugleich eine Bewegung um einander haben.

Unter den zahlreichen einzelnen Merkwürdigkeiten, die sich in den Beobachtungen der Doppelsterne finden, will ich nur noch einige wenige ausheben. Sehr oft sind die beiden nahe neben einander stehenden Sterne an Farbe verschieden; zum

Beispiel in ε des Bootes ist der größere gelb, der kleinere schön blau, in γ der Andromeda ist eben diese Ungleichheit. Der Stern ζ im Hercules zeigte sich im Juli 1782 als Doppelstern; die Sterne standen einander sehr nahe, waren aber doch deutlich zu erkennen, der größere als bläulich weiß, der kleinere als aschfarbig; im Jahre 1795 war der kleinere nur mit Mühe zu erkennen, und im Jahre 1802 konnte Herschel ihn gar nicht mehr sehen, sondern der Stern schien nur eine etwas verzogne Gestalt zu haben, oder länglich zu seyn, und auch Struve und South haben später den kleinen Stern nicht wahrnehmen können; — hier scheint also eine Bedeckung des einen Sterns durch den andern statt zu finden, und es ist zu vermuthen, daß erst in künftigen Zeiten der Begleiter wieder sichtbar werden wird.

Ich breche endlich diese anziehenden Untersuchungen über die mit einander zu einem Systeme vereinigten Sterne ab, und gehe zu einer neuen Frage über, nämlich ob es uns möglich ist, über die Ausdehnung des ganzen, uns umgebenden Sternenheeres irgend etwas Näheres zu erforschen? — Da die Entfernungen aller Sterne, selbst der nächsten, zu groß sind, um abgemessen zu werden, um uns durch Parallaxe bei der Aenderung unsers Standpunktes merklich zu werden, so giebt es kein gradezu und auch kein völlig sicher zum Zwecke führendes Mittel, um die Stellung der Sterne um uns zu bestimmen; aber dennoch läßt sich der Versuch, den ganzen Sternhaufen auszumessen, wagen, und Herschel hat ihn wirklich angestellt.

Unsre Sonne steht als ein einzelner, mit keinem andern Sterne zu einem Doppelsterne verbundener Stern in einem weit ausgedehnten Haufen von Sternen, deren Entfernung und Größe wir zwar nicht kennen, von denen wir aber keinen Grund haben, anzunehmen, daß sie einander erheblich näher stehen, als der nächste unter ihnen unsrer Sonne steht. Nehmen wir also an, daß, bei aller wahrscheinlich statt findenden Ungleichheit der Entfernungen, doch im Mittel die Entfernung unsrer Sonne vom nächsten Fixsterne uns als Maaß der Entfernungen dienen könne, so läßt sich leicht zeigen, daß die

den Bemühungen des ersteren etwas zu wissen, aus den Beobachtungen der großen 1664 und 1680 erschienenen Kometen den Schluß ab, daß die Kometen in regelmäßigen Bahnen um die Sonne laufen, und Dörfel wenigstens *) sagte nicht bloß, daß die Bahn eine Parabel sey, sondern auch, daß die Sonne im Brennpunkte dieser Parabel stehe. Dörfel hatte dieß aus den Beobachtungen auf eine recht genügende und gründliche Weise abgeleitet, und obgleich er das Tychonische System annahm, welches in den damals bekannten Erscheinungen noch keine ganz strenge Widerlegung fand, so erkennt man doch in ihm den gründlich mathematischen Forscher, der die Kenntnisse seiner Zeit zu neuen Schlüssen zu benutzen wußte.

Indeß, diese Kenntniß von der Bahn der Kometen konnte nicht eher zu recht nützlicher Anwendung führen, bis Newtons theoretische Untersuchungen lehrten, welche Gestalt nothwendig die Bahnen aller sich um die Sonne bewegenden Himmelskörper haben müßten, und wie man die Schnelligkeit ihrer Bewegung in dieser Bahn nach festen Regeln bestimmen könne. Nach den von Newton gefundenen Gesetzen der allgemeinen Anziehung ließ es sich nämlich als ganz gewiß ansehen, daß auch die Kometen von der Sonne angezogen und in ihren Bahnen erhalten würden, und daß auch für sie, wie für die Planeten, diese Attractionskraft in größeren Entfernungen abnehmend, dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportionel sey. Aus diesem Gesetze ergab sich die völlig allgemeine Regel, daß ein Planet, dessen größte Entfernung von der Sonne man beobachtet hatte, und den man aus der Sonnenferne zur Sonne zurückkehren sah, nothwendig eine Ellipse durchlaufe, und daß Körper, die man bloß um die Zeit ihrer Sonnennähe beobachten konnte, entweder auch eine Ellipse

---

*) Borelli's Schrift ist so selten, daß sie vielleicht niemand in Deutschland gesehen hat, und von Zachs Nachricht davon in der Astronom. Zeitschr. von v. Lindenau und v. Bohnenberger 3. Band, erklärt sich nicht ganz vollständig hierüber.

offenbar, daß wir sehr irren würden, wenn wir bei einem einzelnen Sterne diese Messung für genau halten wollten, da ohne Zweifel in der Größe und dem eigenthümlichen Glanze der Sterne eben die Mannigfaltigkeit, wie überall in der Natur, statt findet; aber wenn es nur im Allgemeinen wahr ist, daß es eben so gut kleinere als größere Sterne, einige den Sirius übertreffend, einige ihn nicht erreichend, giebt, so können die auf eine Menge von Sternen angewandten Folgerungen sich nicht weit von der Wahrheit entfernen. Da wir es nun in unsrer Gewalt haben, Fernröhre so einzurichten, daß das eine uns denselben Gegenstand in dem einfachen, das andre in vierfach so starkem Lichte zeigt, so findet eine ziemlich genaue Bestimmung über den scheinbaren gesammten Glanz jedes einzelnen Sternes, und mithin eine wahrscheinliche Abmessung der Entfernung statt. Um diesen Vergleichungen eine noch etwas allgemeinere Grundlage zu geben, würde es angemessen seyn, nicht grade einen einzigen Stern, zum Beispiel Sirius, zum Maaße für alle zu wählen, sondern etwa ein Mittel aus dem zu nehmen, was alle einzelnen Sterne, die wir erster Größe nennen, ergeben. Gewiß sind Aldebaran und Sirius, wie sich schon aus ihrer verschiedenen Farbe schließen läßt, nicht an eigenthümlicher Helligkeit ganz gleich; wenn wir also, nach den eben angezeigten Gründen, eines andern Sternes Entfernung nach Siriusfernen und nach Aldebaransfernen zu bestimmen suchen, so wird das Mittel zwischen beiden, oder noch besser ein Mittel aus Bestimmungen, denen nach und nach alle Sterne erster Größe zur Grundlage dienen, uns ziemlich gut die Entfernung angeben, in welche ein Stern erster Größe müßte hinaus gerückt werden, um sich eben so glänzend als ein andrer bestimmter Stern zu zeigen.

Das Mittel, wodurch wir unsern Fernröhren die zu dieser Vergleichung nöthige Einrichtung geben können, wird Ihnen sehr leicht verständlich seyn. Herschel bediente sich zweier ganz gleicher Spiegeltelescope, die er unter den vielen, ihm zu Gebote stehenden, so aussuchte, daß ein Stern, durch das eine gesehen, sich völlig eben so wie durch das andre zeigte. Das eine dieser Fernröhre ward mit unveränderter Oeffnung

indem man den Abstand des Scheitels B vom Brennpunkte A in 4 oder 9 oder 16 oder 25 Theile theilt, nämlich in eine Anzahl Theile, die durch eine Quadratzahl ausgedrückt wird. Man zieht nun durch den Brennpunkt A die Senkrechte Af und durch jeden einer Quadratzahl entsprechenden Theilungspunkt ebenfalls eine Senkrechte. Die durch den Brennpunkt gezogene nimmt man doppelt so groß als AB, Af = 2 AB, und bestimmt nun die übrigen Senkrechten auf folgende Weise. Enthielt AB, wie in unserer Figur, vier Theile, so ist die Senkrechte durch den ersten Theilungspunkt ae halb so groß als Af, die Senkrechte durch den neunten Punkt, bg, dreimal so groß als ae, die Senkrechte durch den sechzehnten Punkt ch, viermal so groß als ae, die Senkrechte durch den fünf und zwanzigsten Theilungspunkt, di, fünfmal so groß, als ae und so weiter. Hätte man den Abstand des Brennpunktes vom Scheitel in neun Theile zerlegt, so würde die durch den ersten Theilungspunkt gezogene Senkrechte ein Drittel der Af; hätte man jenen Abstand in sechzehn Theile zerlegt, so würde die Senkrechte im ersten Theilungspunkte ein Viertel der Af und so ferner; immer aber wird die Senkrechte im vierten Theilungspunkte doppelt so groß, im neunten dreimal so groß, im sechzehnten viermal so groß als im ersten, und so unaufhörlich fort. Die Parabel entfernt sich also immer mehr von der Axe BC und kann diese nie zum zweiten Male schneiden.

Da die Hyperbel, als die dritte Curve, in welcher ein von der Sonne angezogener Körper sich bewegen kann, hier keine besondere Wichtigkeit für uns hat, indem wir noch nicht mit Sicherheit wissen, ob irgend ein Komet wirklich in einer Hyperbel um die Sonne läuft, so will ich von ihr nur kurz bemerken, daß sie ihre Aeste noch weiter als die Parabel auseinander breitet. Wenn die Wurfgeschwindigkeit in B (Fig. 69.) bei gleichbleibender Anziehungskraft der Sonne A immer größer angenommen wird, so erhält man zuerst immer längere Ellipsen, deren Mittelpunkt und zweiter Brennpunkt in immer größere Fernen hinausrückt; endlich wird die Wurf-

bei den großen Herschelschen Spiegeltelescopen beinahe $\frac{13}{20}$ des Lichtes, welches man eigentlich ganz erhalten sollte. *) Aber dieß ist nicht der einzige Lichtverlust, welcher statt findet, sondern da das im Brennpunkte des Objectivs vereinigte Licht, von da ausgehend, und sich kegelförmig verbreitend, das Ocular trifft, so geht auch da Licht verloren, wenn entweder die Breite des Oculars nicht groß genug ist, um den ganzen Lichtkegel aufzufassen, oder die Pupille des Auges nicht groß genug ist, um den vom Augenglase durchgelassenen Lichtcylinder aufzunehmen. In dieser Hinsicht ist es sehr wichtig, bei der Beobachtung das Auge fortwährend gegen alles unnöthige Licht zu schützen, damit die Pupille sich so sehr als möglich erweitere, und alles gesammelte Licht empfange. Diese Sicherung des Auges vor fremdem Lichte gewährt zugleich den Vortheil, daß die Empfindlichkeit für schwaches Licht in starkem Grade erhöhet wird, und das Auge fähig wird, selbst einen schwach leuchtenden Punkt noch zu bemerken, den es, gereitzt durch fremdes Licht, unter sonst ganz gleichen Umständen nicht wahrgenommen hätte. Dieser Verlust an Licht, an nutzlos gesammeltem Lichte, welches entweder bei dem Augenglase oder bei der Pupillen-Oeffnung vorbeigeht, tritt ein, wenn die Vergrößerung geringer ist, als die Zahl, welche angiebt, wie oft der Durchmesser der Pupille in dem Durchmesser der Objectiv-Oeffnung enthalten ist; — also nur bei sehr schwachen Vergrößerungen.

Wenn man Fixsterne beobachtet, so ist von einer Vergrößerung, von einer größern Raume, den das Bild auf der Netzhaut des Auges einnimmt, nicht die Rede, sondern dieß muß immer als so klein, daß wir es als einen wahren Punkt betrachten können, angesehen werden, und die Lichtstärke steigt also genau nach Verhältniß der Größe des Objectivs oder des

*) Die Verschiedenheit beider Arten von Spiegel-Telescopen besteht darin, daß bei den ersteren noch ein zweiter kleiner Spiegel angebracht ist, den man bei kleinern Telescopen nicht entbehren kann; bei den größern hat Herschel diesen zweiten Spiegel weggelassen, und das Bild des Gegenstandes wird sogleich durch das Augenglas betrachtet.

Sonnennähe befand. Die beiden ersten Elemente bestimmen die Ebne, in welcher der Komet seinen ganzen Lauf vollendet; das dritte lehrt uns nicht bloß die Gegend im Weltraume kennen, wo der Komet der Sonne am nächsten kommt, sondern zeigt auch auf die entgegengesetzte Richtung hin, wo der Sonnenbewohner hinblicken müßte, wenn sein Auge scharf genug wäre, um den Kometen auch in der Sonnenferne (im Aphelio) aufzufinden; das dritte Element in Verbindung mit dem vierten, lehrt uns die Bahn selbst, so weit als sie in den Bereich unsrer Beobachtungen fällt, zeichnen, und sodann mit Hülfe des fünften von Tag zu Tag den Ort, den der Komet einnimmt, bestimmen. Ueber die größte Entfernung, welche der Komet erreicht, belehren uns diese Bestimmungen nicht, da, wie ich wohl nicht noch einmal zu sagen brauche, das berechnete Stück BD der Parabel so nahe mit allen ziemlich langen Ellipsen, die Scheitel und Brennpunkt mit der Parabel gemein haben, zusammentrifft, daß nur bei den aller vollkommensten Beobachtungen, oder nur dann, wenn die Bahn keine so sehr lange Ellipse ist, die Abweichung des beobachteten Kometen von dieser Parabel gut bemerkt werden kann.

Diese Elemente, wenn sie gleich nicht zureichend sind, um die Zeit der Wiederkehr des Kometen zu berechnen, gewähren dennoch zwei wesentliche Vortheile, indem man aus ihnen, wenn sie aus den frühesten Beobachtungen des Kometen sogleich hergeleitet werden, den ganzen künftigen Lauf des Kometen während seiner Sichtbarkeit voraussagen, ja zuweilen Zeitpunkte, wo er nach seiner Conjunction mit der Sonne wieder sichtbar werden wird, bestimmen kann, und zweitens früher erschienene Kometen als mit diesem übereinstimmend oder nicht übereinstimmend erkennen kann. Der erstere Vortheil ist offenbar, da aus dem bekannten wahren Orte des Kometen und dem wahren Orte der Erde, auch der scheinbare Ort des Kometen unter den Sternen gefunden wird. Aber auch das ist klar, daß wir einen jetzt beobachteten Kometen als einen zur Sonne zurückgekehrten früheren Kometen ansehen dürften, wenn bei

beiden, die vier ersten Elemente der Bahn ganz gleich wären; denn diese Gleichheit bewiese ja, daß der früher beobachtete und der jetzt beobachtete Komet denselben Bogen BD (Fig. 69.) durchlaufen hätten, und obgleich es da möglich wäre, daß der eine die eine, in Fig. 69. gezeichnete Ellipse, der andere die andere Ellipse durchlaufen hätte, so ist doch kaum zu glauben, daß gerade dieser täuschende Fall eintreten sollte, sondern es ist dann viel glaublicher, daß es derselbe Komet ist, der nach Vollendung seiner ganzen Bahn zur Sonne zurückgekehrt ist.

Diese Uebereinstimmung war es, die Halley, den ersten, der aus älteren Beobachtungen eine Reihe Kometenbahnen zu berechnen unternahm, veranlaßte, die Wiederkehr des 1682 erschienenen Kometen auf das Jahr 1758 vorauszusagen. Er fand nämlich, daß die Elemente der Bahn des im Jahre 1682 beobachteten Kometen sehr nahe übereinstimmten mit denen, die sich aus den Beobachtungen der im Jahre 1456, 1531, 1607, erschienenen Kometen ergaben, und da der ungefähr gleiche Zeitraum von 75 bis 76 Jahren, der zwischen der Erscheinung dieser Kometen verflossen ist, auf wiederholte Umläufe hinzudeuten schien, so wurde es um so glaublicher, daß ein und derselbe Weltkörper mehrere Male erschienen sey. Die im Jahre 1758 und 1759 wirklich erfolgte Wiederkehr dieses Kometen hat die Richtigkeit jener Berechnungen Halley's gezeigt, und dieser Komet giebt daher eine Bestätigung der Behauptung, daß gleiche Elemente der Bahnen bei Kometen, die zu verschiedenen Zeiten erschienen sind, auf eine Wiederkehr eines und desselben Kometen hindeuten.

Um aber aus den Beobachtungen selbst diese Elemente der Bahn herzuleiten, bedarf es noch einiger Vorkenntnisse, die sich als Erweiterungen an unsere früheren Betrachtungen anschließen.

Wir nehmen jetzt, wie ich schon gesagt habe, an, daß der Komet in einer Parabel um die Sonne laufe, in deren Brennpunkte die Sonne steht. Auch in der Parabel sind, vermöge

jenes Keplerschen Gesetzes, dessen allgemeine Gültigkeit ich gezeigt habe, die Ausschnitte, welche der Komet durchläuft, in gleichen Zeiten gleich, und wenn man also wüßte, daß der Komet in der parabolischen Bahn akd (Fig. 71.) den Bogen ah in vier Tagen durchliefe, und daß der Sector kAl dem Sector aAh gleich ist, so würde man auch kl als einen, während vier Tagen durchlaufenen Bogen der Bahn anerkennen, und sich folglich im Stande finden, den Ort, welchen der Komet am Ende jedes Tages erreicht hat, anzugeben. Die Frage aber, wie weit denn auf einer gegebenen parabolischen Bahn der Komet sich in einem Tage fortbewegen wird, läßt sich eben so leicht theoretisch beantworten, wie wir es bei der Bewegung auf dem Kreise konnten.

Um diese Bestimmung am bequemsten an eine schon bekannte Bewegung anzuknüpfen, sey A die Sonne, BCD die Erdbahn, die ich hier als einen Kreis ansehe, und es sey nun eine Kometenbahn BC gezeichnet, in welcher der Komet zur Zeit der Sonnennähe eben so weit als die Erde von der Sonne entfernt bleibt; akd sey eine parabolische Kometenbahn, deren perihelischer Abstand aA nur halb so groß ist; der Abstand in der Sonnennähe sey in der dritten nur ein Viertel, in der vierten nur ein Zehntel des Abstandes AB. In dem Sonnennähepunkte jeder dieser Bahnen kennen wir die Stärke der anziehenden Kraft der Sonne; denn da sie die Erde in B durch 35 Fuß in der ersten Minute zu sich hin ziehen würde, so sind 140 Fuß in a, 560 Fuß in F, 3500 Fuß in G, die Fallhöhen, die man als Entfernung von der Berührungslinie am Ende der ersten Minute auftragen müßte. Daraus aber beantwortet sich von selbst die Frage, wie weit, zum Beispiel auf der Parabel ahkd der Komet in einer Minute von a an fortgehen muß, um durch die Attraction der Sonne auf der Parabel erhalten zu werden; denn wenn h der Punkt der Parabel wäre, wo nach richtigem Maaßstabe der Abstand gh der Tangente, von der Parabel 140 Fuß betrüge, so müßte der Komet eine Geschwindigkeit in a haben, die ihn in einer Minute bis g fortführte,

damit er durch die Sonne um 140 Fuß angezogen auf dieser Parabel bleibe. *)

Obgleich nun keine Zeichnung so genau ausgeführt werden kann, daß sie bei einem Abstande Aa, der über 10 Millionen Meilen beträgt, noch 140 Fuß angeben könnte, ja wenn auch für den Lauf eines ganzes Tages die Zeichnung noch nicht mit gehöriger Genauigkeit den richtigen Fortgang des Kometen darstellen kann, so erhellt dennoch, daß in diesem Verfahren das, was geschehen sollte, und was durch Rechnung allemal geleistet werden kann, richtig angedeutet ist. Wir sind also im Stande, den Bogen anzugeben, welchen der Komet in einer Stunde durchlaufen muß, wenn er sich auf der Parabel ad bewegen soll, und da aus dem Bogen ah offenbar der Flächenraum aAh gefunden wird, und die Geometrie unfehlbar Regeln giebt, um gleiche Flächenräume aAh, hAi, in der Parabel zu zeichnen, so erhalten wir eine Eintheilung der Parabel, die uns, um nur bei ganzen Tagen stehen zu bleiben, den Ort des Kometen am Ende des ersten, zweiten, dritten Tages angiebt.

Ohne also für jetzt von einem bestimmten Kometen zu reden, ist es offenbar möglich, zu berechnen, wie weit auf unseren vier Parabeln, und eben so wie weit auf jeder andern gegebenen Parabel, deren Brennpunkt mit der Sonne zusammenfällt, ein Komet in einem Tage oder in 10 Tagen fortgehen muß; und nach diesen Regeln sind in der Zeichnung die wahren Räume für den zwanzigsten, vierzigsten, sechzigsten Tag und so ferner aufgetragen.

Ausgerüstet mit solchen im Voraus berechneten, und eingetheilten parabolischen Bahnen, deren man am besten eine ganze Folge sich vorbereiten möchte, können wir nun an die

*) Ein Körper, der eine größere Geschwindigkeit hätte, würde auf einer Hyperbel sich nach außen hin von der Parabel entfernen, ein langsamer bewegter Körper würde sich auf einer Ellipse nicht so sehr als auf unsrer Parabel von der Sonne entfernen.

Sieben und vierzigste Vorlesung.

Die Untersuchungen, mit welchen ich Sie neulich unterhalten habe, zeigten uns einen Weg, um die Anordnung des großen, uns umgebenden Sternenheeres einigermaßen kennen zu lernen. Diese Anordnung erscheint uns beim ersten Anblick zwar ziemlich unregelmäßig, aber da unser Standpunkt vermuthlich nicht grade die vortheilhafteste Lage hat, so könnte selbst ein sehr regelmäßiges System, wenn wir darunter nicht eine ganz gleiche Austheilung verstehen, uns ungleichförmig und regellos ausgetheilt scheinen.

Wenn es ausführbar wäre, den ganzen Himmel mit Fernröhren von so ungleicher Raum durchdringender Kraft, wie ich sie neulich betrachtet habe, ganz durchzuzählen, so würde man manche Frage mit einiger Sicherheit, wenn gleich nicht so, daß alle Zweifel wegfielen, zu beantworten im Stande seyn. Herschel bemerkt zum Beispiel, daß es Gegenden am Himmel giebt, in denen sich Sterne der größern Art nicht grade seltner als an andern Stellen finden, wo aber bei verstärkter Raum durchdringender Kraft sich fast gar keine neue, tiefer in der Ferne liegende Sterne mehr zeigen. In diesen Gegenden müssen wir offenbar das Sternsystem, worin wir uns befinden, als weniger ausgedehnt, als nicht bis zu so ungemein großen Fernen mit Sternen erfüllt, ansehen, und ihm dagegen da eine viel weitere Ausdehnung beilegen, wo bei jeder neu verstärkten Kraft sich noch neue immer kleinere oder entferntere Sterne zeigen, wie dieß in der Milchstraße der Fall ist.

Herschel hat diese Ausmessung unsers Sternsystems durch Zählung auszuführen versucht; ich will aber zuerst das angeben, was aus seiner Vergleichung der Lichtstärke der Sterne hervorgeht. Er bediente sich, um die Bestimmung, in welche Fernen wir die Sterne hinausgerückt denken müßten, damit sie bei gleichem wahren Glanze uns in den verschiedenen Größen,

wie wir sie sehen, erscheinen können, zweier ganz gleicher 7fußiger Spiegeltelescope, welche bei 118 maliger Vergrößerung denselben Stern genau gleich zeigten. Er verdeckte nun den Spiegel des einen so, daß seine Lichtstärke auf ein genaues Viertel herabgesetzt wurde, und suchte Sterne auf, die in dem unveränderten Fernrohr eben so viel Licht zeigten, als Arcturus in dem Telescop, dessen Spiegel zum Theil bedeckt war. Solche Sterne von ein Viertel so großem Glanze, als Arcturus, sind α in der Andromeda, der Polarstern, γ im großen Bären; und von diesen Sternen dürfen wir also behaupten, daß sie so erscheinen, wie Arcturus erscheinen würde, wenn er zu einer doppelt so großen Entfernung, als in welcher er sich wirklich befindet, hinausgerückt würde. Fügen wir also die Hypothese hinzu, daß diese Sterne an sich eben nicht größer oder kleiner seyn mögen, als Arcturus, so müssen wir ihnen ihren Platz in der zweifachen Weite des Arcturus anweisen. Eben so beobachtete Herschel den Stern α in der Andromeda mit geschwächtem Lichte, und μ des Pegasus mit ungeschwächtem Lichte, und fand den Glanz des erstern, auf ein Viertel herabgesetzt, dem Glanze des andern gleich; also μ des Pegasus so glänzend, wie α der Andromeda zur doppelten oder Arcturus zur vierfachen Ferne hinausgerückt noch seyn würde. Sie übersehen leicht, wie sich diese Vergleichung weiter fortsetzen, und auch auf andre Verhältnisse der Lichtstärke anwenden läßt, und werden es nun gewiß nicht mißverstehen, wenn Herschel sagt, wenn man die Entfernung des Sirius als Maaß annehme, so sei die Capella $1\frac{1}{2}$ Siriusweiten, Procyon $1\frac{3}{4}$ Siriusweiten, b des Stiers 3 Siriusweiten, i des Fuhrmanns 6 Siriusweiten, H der Zwillinge 12 Siriusweiten, d der Zwillinge 15 Siriusweiten von uns entfernt. Diese Bestimmungen zeigen, daß die Sterne, die wir sechster Größe nennen, wofern sie dem Sirius an Glanz gleich sind, etwa 15 mal so weit, als dieser, von uns entfernt seyn müssen. *)

*) Ich muß hierbei doch noch eine merkwürdige Uebereinstimmung erwähnen. Olbers hat aus der Vergleichung des Mars mit dem

Um nun ungefähr zu überrechnen, wie bei gleichförmiger Vertheilung die Zahl der Sterne erster, zweiter, dritter Ordnung sich finden müsse, stellt Herschel folgende Ueberlegung an: Wenn wir von unsrer Sonne als Mittelpunkt ausgehen, und ihr Gebiet bis dahin rechnen, wo man von ihr eben so entfernt, als von den nächsten Fixsternen ist, also bis auf eine halbe Siriusweite, so können wir die Kugel, deren Halbmesser so groß ist, ein Sonnengebiet nennen. Nehmen wir den Halbmesser um eine ganze Siriusweite größer, so hätten wir eine Kugel von dreimal so großem Halbmesser, also von 27 mal so großem Inhalt, und diese enthielte alle Sterne der ersten Ordnung, deren Abstand von unsrer Sonne ungefähr eine Siriusweite betrüge, *) und 26 Sonnengebiete der ersten Ordnung lägen zwischen jenen beiden Kugelflächen. Wenn man eben so den Raum zwischen zwei Kugelflächen ausrechnet, deren Halbmesser 3 und 5 halbe Siriusweiten sind, so umfaßt dieser 125 — 27 = 98 Sonnengebiete, die den Sternen zweiter Ordnung zukämen, oder den Sternen, die nicht viel mehr oder weniger als 2 Siriusfernen von uns entfernt wären. Eben so giebt der Kugelraum zwischen 7 und 5 halben Siriusfernen 343 — 125 = 218 Sonnengebiete für Sterne der dritten Ordnung, und eine gleiche Rechnung zeigt, daß man 386 der vierten Ordnung, 602 der fünften Ordnung und so ferner annehmen müßte. Da die äußersten, allenfalls noch mit bloßem Auge sichtbaren Sterne, obgleich wir sie nur sechster bis siebenter Größe nennen, doch nach den obigen Bestimmungen 15 Siriusweiten oder wenigens 12 solche Entfernungen, wie wir im Mittel den Sternen erster Größe zuschreiben müs-

---

Aldebaran und des Uranus mit Sternen sechster Größe die Folgerung gezogen, daß man die Entfernung der Sterne sechster Größe beinahe 12 mal so groß, als die des Aldebaran setzen müsse, wenn die wahre Größe gleich ist, und dieß stimmt vollkommen mit Herschels ganz anders abgeleiteter Bestimmung überein.

*) Eigentlich etwas mehr als eine Siriusweite, indem innerhalb der ganzen Siriusweite nur für 7 Sonnengebiete, außerhalb für 19 Sonnengebiete Raum wäre.

sen, von uns entfernt sind: so würden alle dem schärfsten Auge sichtbaren Sterne ungefähr bis zur zwölften oder dreizehnten Ordnung gehen, und folglich 15624 bis 19682 betragen müssen, *) und da die Sterncataloge wirklich über 14000 Sterne bis zur sechsten und siebenten Ordnung enthalten, so stimmt dieß gut genug zusammen. Von diesen reichlich 14000 Sternen rechnen die Sterncataloge über 12000 zur sechsten und siebenten Größe, und es scheint hiernach, als ob die entfernteren Sterne durch keine so weite Zwischenräume getrennt seyn mögen, als die uns näher stehenden; denn statt 26 Sternen erster Ordnung zählen unsre Cataloge nur 17, statt 124 Sterne erster und zweiter Ordnung zählen unsre Cataloge nur 83 Sterne erster und zweiter Größe, unter denen manche, nach den Abmessungen des Lichts, schon weiter als zwei Siriusfernen von uns entfernt sind.

Dieß ungefähr sind die von Herschel gefundenen Resultate, an welche sich noch manche, durch fernere Beobachtungen zu beantwortende Fragen anschließen. Es ist aus dem ersten Anblick des Himmels klar, daß die Sterne nicht gleichmäßig um uns ausgetheilt sind, sondern einige Gegenden sind auffallend reich an größern Sternen, andre können wir arm an Sternen nennen; — in welchem Verhältniß würde man die nach der wahren Lichtstärke aufgezählten Sterne zahlreich oder minder zahlreich aus jeder Classe in jedem einzelnen Theile der Himmelskugel finden? — Da nach den eben durchgeführten Schlüssen unsre Sonne entfernter von ihren nächsten Nachbaren zu seyn scheint, als es im Mittel die Sterne unter einander sind, — giebt es denn etwa Gegenden am Himmel, wo der Abstand unsrer Sonne von dem nächsten Sterne zu einem richtigern Maaße dient, wo die Sterne zweiter, dritter, vierter Ordnung in dem richtigen Verhältnisse vorkommen, wie unsre Rechnung sie ergiebt, statt daß in andern Himmelsgegenden die entferntern Sterne zu zahlreich zu seyn scheinen? — Doch es bieten sich hier so viele Fragen dar, daß es besser

---

*) Nämlich $25^3 - 1 = 15624$,
oder $27^3 - 1 = 19682$.

Fünf und zwanzigste Vorlesung.

Die große Gleichförmigkeit, die sich uns in der Bewegung der Planeten zeigte, vermöge welcher sie in wenig geänderten Bahnen ihre Umläufe regelmäßig in immer gleichen Zeiträumen vollendeten, findet bei den Kometen nicht ganz so statt. Die Planeten sind in so weit von einander entfernten Bahnen, daß die Störungen, welche der eine im Laufe des andern hervorbringt, nur geringe sind, und die natürliche Beschaffenheit der Planeten, wenigstens unserer Erde, scheint auch eine nur so geringe Veränderlichkeit der Bahnen zu gestatten, um so fortdauern zu können, wie das Leben und Gedeihen der Geschöpfe auf derselben es fordert. — Anders verhält es sich mit den Kometen, und da wir nicht zweifeln dürfen, daß die ordnende Weisheit, die der Erde ihren passenden Platz anwieß, auch in der Wahl der Bahnen der Kometen sich eben so groß zeige, so müssen wir vermuthen, daß die ihnen ertheilte natürliche Beschaffenheit selbst bei bedeutenden Ungleichheiten der Bahnen bestehen könne. Ohnehin ist es einleuchtend, daß die bald ungemein große, bald sehr geringe Entfernung des Kometen von der Sonne, eine ganz andere natürliche Beschaffenheit, als die unsrer Erde voraussetzt, und es kann uns also minder befremden, wenn wir die Weltkörper, die diesen großen Wechseln gemäß eingerichtet seyn müssen, auch mit weniger Gleichförmigkeit ihre Bahn durchlaufen sehen.

Die Störungen, denen die Kometen ausgesetzt sind, müssen oft sehr erheblich werden, da ihre lang ausgedehnten Bahnen oft nahe an einer oder der andern Planetenbahn vorbei gehen, und der Planet also, wenn er sich gerade im nächsten Theile seiner Bahn befindet, indem der Komet dort

genaue Rechnung führen; aber wenn die bei zweifacher Kraft sich zeigenden Sterne auch um $\frac{1}{4}$ Grad von einander entfernt sind, so beträgt ihr Abstand von einander, wofern sie 20 Siriusfernen von uns sind, doch nur $\frac{1}{12}$ einer Siriusferne, also stehen wahrscheinlich diese Sterne einander näher, als die unsre Sonne zunächst umgebenden Sterne uns stehen; dann aber läßt sich auch mit Recht fragen, ob etwa manche unter ihnen kleiner sind, und wenn sie dieses sind, so könnte die ganze Ausdehnung dieses schönen Sternhaufens allerdings kleiner seyn. Aber umgekehrt läßt sich es auch recht wohl, ja, wie es mir scheint, noch mit mehr Wahrscheinlichkeit denken, daß von dieser, auch an Sternen fünfter und sechster Größe, oder 8ter bis 14ter Ordnung so sehr reichen, Gegend des Weltraums, in welcher auch diese nähern Sterne nicht durch so große Zwischenräume getrennt zu seyn scheinen, ein mit Sonnen reicher ausgestatteter Lichtweg sich bis zu den äußersten Fernen der Milchstraße hinüber erstrecken möge. Da die uns am nächsten stehenden Sterne 10 Billionen, vielleicht 20 Billionen Meilen von einander entfernt sind, so kann es immer Gegenden im Weltraume geben, wo die Sterne sich viel näher sind, ohne daß die gegenseitige Anziehung zu mächtig einwirkte, und Bewegungen gegen einander oder um einander, schneller als es unsre Beobachtungen angeben, bewirkte. Wäre ein von der Sonne angezogner Körper auch nur um $\frac{1}{250}$ einer Siriusferne von der Sonne, oder bewegte sich in 2000 mal so großer Entfernung, als die Entfernung der Erde von der Sonne ist, um die Sonne, so würde er 90000 Jahre zu einem Umlaufe gebrauchen, und es erhellt also, daß auch bei Sternen, die einander viel näher stehen, als unsre Sonne ihren nächsten Nachbaren ist, die gegenseitigen Bewegungen sich vielleicht erst in Jahrhunderten genauer Beobachtung darthun könnten.

Obgleich aber diese Betrachtungen deutlich ergeben, daß wir noch ungemein weit von einer eigentlichen Kenntniß der Anordnung dieses großen Weltgebäudes entfernt sind, in welchem unsre Sonne wie ein Tropfen im Meere erscheint: so soll uns doch dieß nicht abschrecken, den Untersuchungen, die

seine Bahn so verändern, daß er künftig, selbst bei der größten Annäherung zur Sonne weiter als Ceres von ihr entfernt, also immer uns unsichtbar bleibt. In Fig. 74. sind die Stellungen des Jupiter für jene zwei Zeitpunkte angegeben. A ist da die Sonne, CD die Erdbahn, FGH ein Theil der Bahn des Jupiter. Von dem Jahre 1767 näherte sich der Komet in einer Bahn, die durch KI dargestellt ist, der Sonne, wurde in der Gegend I so zur Sonne hingezogen, daß er eine stark gegen die Sonne zu gekrümmte Bahn zu durchlaufen anfing, und als die Einwirkung des Jupiter aufhörte, hatte der Komet eine Richtung und Geschwindigkeit, die der Ellipse ILE entsprach, auf welcher er seinen weiteren Umlauf vollendete. Um die Zeit, als er beim folgenden Umlaufe wieder nach E kam (im März 1776), befand sich die Erde in M, und während die Erde nach D, der Komet nach B gelangte, blieb der Komet in der Nähe der Sonne unsichtbar. Nach Vollendung des zweiten Umlaufs traf der Komet wieder, im Jahre 1779, nahe mit dem Jupiter zusammen; der Jupiter war während des größten Theiles der Zeit seiner Einwirkung entfernter, als der Komet von der Sonne, und zog ihn daher aus seiner Bahn heraus von der Sonne abwärts; dieser kam dadurch in eine Bahn OP, die ihn nie in die Nähe der Erde gelangen läßt, und wird diese Bahn vermuthlich so lange verfolgen bis vielleicht einmal ein neues Zusammentreffen mit dem Jupiter ihn wieder von dieser Bahn ablenkt, und ihn in unsern Gesichtskreis bringt.

Diese Bestimmungen, wenn sie auch nicht mit großer Schärfe so durchgeführt werden können, daß man die jetzige Bahn des Kometen genau angeben könnte, scheinen doch genügend, um die nicht erfolgte Wiederkehr zu erklären.

Man hat zuweilen gefragt, ob es nicht wohl möglich sey, daß Kometen auf wirklich parabolischen Bahnen sich völlig von der Sonne entfernten, und endlich in das Gebiet anderer Sonnen übergingen; — unmöglich ist das freilich nicht, und bei unserer völligen Unkunde dessen, was auf den

Kometen, der dortigen Natur der Dinge angemessen sey, können wir uns kein Urtheil, ob eine solche Anordnung der Bahn zweckmäßig sey, anmaßen; wollten wir indeß nach dem urtheilen, was unsere irdischen Sinne und Geistesvermögen uns darbieten, so würden wir uns einen solchen Hinübergang zu einem anderen Sonnensysteme, der viele Tausende von Jahren fordern müßte, (wie wir nach dem Attractionsgesetze mit Sicherheit annehmen dürfen,) nicht gerade als etwas Angenehmes denken, selbst wenn das völlige Erstarren der ganzen irdischen Natur auch nicht einträte, wie es doch wohl ohne allen Zweifel in so großen Entfernungen von der Sonne der Fall seyn müßte.

Da es nicht meine Absicht ist, mich in Vermuthungen zu verlieren, über deren Richtigkeit, wenigstens wenn wir sie auf Bewohner des Kometen beziehen wollen, nie ein Sterblicher entscheiden wird, so verlasse ich diesen Gegenstand, um Sie noch von dem Kometen zu unterhalten, den wir seit wenigen Jahren als einen beständigen Begleiter unserer Sonne kennen gelernt haben.

Im Anfange des Jahres 1819 wurde ein Komet beobachtet, bei dessen Berechnung man nicht allein fand, daß eine Ellipse, in welcher der Komet nur etwa eine Umlaufszeit von 4 Jahren haben konnte, den Beobachtungen viel besser als jede längere Ellipse entspreche, sondern daß auch die Ebne seiner Bahn und die Lage seiner Sonnennähe sehr nahe eben so sey, wie bei dem im October und November 1805 beobachteten Kometen. Die hieraus sogleich gefaßte Vermuthung, daß der Komet von 1805 wieder zurückgekehrt sey, veranlaßte Encke die Berechnung, welche auf eine Ellipse von $3\frac{1}{2}$ Jahr Umlaufszeit hindeutete, sorgfältig zu wiederholen, und er fand nun, daß die Voraussetzung, der Komet habe in den 14 Jahren vier Umläufe gemacht, nicht bloß den, in den Jahren 1805 und 1819 angestellten Beobachtungen völlig entsprach, sondern auch daß die schon sogleich nach jener ersten Entdeckung von Olbers geäußerte Vermuthung,

auch der 1793 beobachtete Komet sey eben derselbe, völlig richtig sey. Der Komet war also schon zweimal beobachtet, weil man ihn aber in einer parabolischen Bahn berechnet hatte, stimmten die gefundenen Elemente nicht so gut überein, als es nun der Fall war, wo man die elliptische Bahn aufzusuchen veranlaßt war.

Da man jetzt die wahre Bahn dieses Kometen mit ziemlicher Sicherheit kannte, so ließ sich die Frage beantworten, welchen scheinbaren Lauf der Komet nehmen werde, wenn er in andern Jahreszeiten, das heißt bei andrer Stellung der Erde, in diejenigen Theile seiner Bahn, wo er gut gesehen werden konnte, käme, und da bemerkte Olbers, daß er im Januar so erscheinen müsse, wie ein im Jahre 1786 beobachteter Komet, dessen Bahn man, weil er nur an zwei Tagen beobachtet worden, gar nicht hatte berechnen können. Die genauere Berechnung zeigte, daß wirklich der öfter beobachtete Komet sich im Januar 1786 in dem Theile seiner Bahn befand, und daß die Beobachtung wirklich denselben Kometen zum Gegenstand gehabt hatte. Nachdem Enke alle diese Beobachtungen benutzt und mit einer unermüdeten Sorgfalt daraus die für alle am besten passenden Resultate gefunden hatte, ließ sich auch die Wiederkunft desselben voraus bestimmen. Er mußte gegen Ende des Mai 1822 seine Sonnennähe wieder erreichen, aber seine Stellung war so ungünstig, daß man kaum hoffen durfte, ihn in unseren Gegenden in der Abenddämmerung zu sehen; dagegen blieb er auf der südlichen Halbkugel lange genug nach Sonnenuntergang über dem Horizont, um gesehen zu werden, und die Astronomen äußerten daher den Wunsch, daß dort im Juni 1822 beobachtet werden möchte. Glücklicher Weise ward dieser Wunsch durch Rümkers Anstellung als Astronom in Paramatta erfüllt; dieser fand den Kometen an der bestimmten Stelle, und nun war es also entschieden, daß dieser Komet in 3 Jahren und 109 Tagen zur Sonne zurückkehrt, daß er in der Sonnennähe 6 Millionen Meilen und in der Sonnenferne 85 Millionen Meilen von der Sonne entfernt ist, also sich bis

innerhalb der Mercursbahn der Sonne nähert, und sich nicht bis zur Bahn des Jupiter, aber doch bis weit außerhalb der Pallasbahn von der Sonne entfernt. Nach dieser glücklichen Wiederauffindung des Kometen berechnete nun Encke seine Wiedererscheinung im Juli 1825, und seine mit seltnem Fleiße durchgeführte Berechnung wurde durch die Freude, den Kometen fast im strengsten Sinne in dem Punkte erscheinen zu sehen, wohin die Berechnung ihn setzte, belohnt. Im Herbste des Jahres 1828 wird er wieder beobachtet werden können, und obgleich er als ein kleiner Weltkörper nicht durch seine Schönheit merkwürdig ist, so wird er es doch durch seine öftere Wiederkehr und durch den Scharfsinn, welchem wir die Bestimmung seiner Bahn verdanken, immer in hohem Grade seyn.

Noch ein erst in diesem Jahre als in kurzer Periode wiederkehrend erkannter Komet beschäftigt gerade jetzt die Aufmerksamkeit der rechnenden Astronomen; ich werde von ihm und von anderen Kometen, über deren Umlaufszeit wir etwas wissen, bei einer anderen Gelegenheit etwas sagen.

* * *

Diese Untersuchungen vollenden nun das, was ich Ihnen über die Anordnung der Weltkörper unsers Sonnensystems mittheilen kann. Habe ich Sie gleich nicht auf eine so gründliche Weise, wie es der Mathematiker fordert, mit den Gesetzen des Laufes der Weltkörper bekannt machen können, habe ich gleich nur eine schwache Andeutung von dem, was die Astronomen beobachtet, und von den Regeln, nach welchen sie gerechnet haben, mittheilen können, so hoffe ich dennoch, daß ich Sie gründlich überzeugt habe, das was die Astronomen über die Ordnung und den Lauf der Himmelskörper angeben, sey wohl begründet und stütze sich auf Beobachtungen und Schlüsse, deren Richtigkeit man ohne alle Hülfe der Mathematik übersehen kann. Sie haben in den Entwickelungen, womit ich Sie unterhalten habe, vielfache Gelegenheit

und um den oberen Flügel des Adlers liegen die sehr sternreichen Gegenden, die auf eine so weite Ausdehnung bei D und E deuten; die entgegengesetzte Gegend der Milchstraße, welche dieser Durchschnitt trifft, liegt um den Vordertheil des Schiffes, oder unter dem Einhorn, wo die Milchstraße sich schmal zusammenzieht. — Die Entfernung von unsrer Sonne bis zum nächsten Fixsterne beträgt in dieser Abbildung nur $\frac{1}{80}$ Zoll.

Da unsre Sonne sich nicht weit von der Mitte dieses Heeres von Sternen befindet, so sehen wir rund um uns den Himmel reich mit Sternen besetzt; einem Beobachter auf einem bei B liegenden Sterne würde sich die eine Hälfte des Himmels sehr sternreich zeigen, die andre aber würde ihm keine so nahe einzelne Sterne darbieten, sondern nur die entfernter liegenden Sternsysteme zeigen, die von dem unsrigen getrennt, dort eine Vereinigung neuer Weltenheere zu bilden scheinen.

Obgleich nun dieser Querschnitt unsers Sternensystems nur als ein sehr roher Entwurf zu betrachten ist, so können wir doch die Folgerung als ziemlich sicher annehmen, daß nach den Gegenden hin, wo die Pole der Milchstraße liegen, unsere sehr starken Telescope uns erlauben, über die Grenzen des Sternenheeres, zu dem unsre Sonne gehört, hinauszublicken.

Herschel bemerkt, daß der um die Pole der Milchstraße völlig dunkle Grund des Himmels, so wie er sich bei starker Raum durchdringender Kraft zeigt, die deutliche Ueberzeugung gewähre, daß hier kein so dicht mit Sternen erfüllter Raum mehr vorhanden sei, sondern unser Blick das Ende der Verbindung von Sonnen, die uns zunächst umgiebt, erreiche. In Beziehung auf die Milchstraße hat aber Herschel in seinen spätern Schriftrn deutlich zu erkennen gegeben, daß er ihre Ausdehnung noch für viel weiter gehend, also die mit F, E, D, bezeichneten Punkte noch nicht für die wirklich äußersten, sondern nur für die Grenzen dessen hält, was man mit dem 20fußigen Telescop übersehen konnte. Er sagt ausdrücklich, wenn man die Milchstraße mit dem 40fußigen Telescop hätte durchmustern können, so würde man die Sterne, die durch

danken weiter ausgeführt auszusprechen, die sich hier jedem tiefer denkenden Betrachter des Himmels darbieten; aber jeder von Ihnen wird wohl anerkennen, daß der an die erhabensten Gedanken gewöhnte Dichter Recht hatte, zu sagen:

Mit Graun füllt und Ehrfurcht, der Anblick mit Entzücken
Das Herz deß, der sich da freut, wo Freud' ist, nicht allein ihn
Ihr Phantom täuscht. —

Verbesserungen.

An mehrern Stellen steht der Zenith, muß aber heißen: das Zenith.

An mehrern Stellen steht proportionel, muß aber heißen: proportional.

die Grenzen desjenigen Weltensystemes versetzen könnten, dessen unermeßliche Größe schon unsre deutlichen Vorstellungen bei weitem übertrifft.

Acht und vierzigste Vorlesung.

Die Bemerkung, mit welcher ich neulich unsre Betrachtungen über das große Weltgebäude schloß, dessen zahllose Sterne unsern nächtlichen Himmel mit einem so reichen Glanze zieren, daß selbst unser Auge uns schon von einer noch weitern Ausdehnung der sichtbaren Schöpfung belehre, enthält etwas so Ueberraschendes, daß ich wohl hoffen darf, Sie werden nicht ohne die lebhafteste Theilnahme die Beobachtungen kennen lernen, auf welche jene Behauptung sich stützt. — Doch muß ich vorher noch bei einem andern Gegenstande verweilen.

Ich habe bisher nur von den Erscheinungen am Sternenhimmel geredet, die sich uns deutlich als Sterne zeigen, die freilich da, wo sie in unzähliger Menge gleichsam den ganzen Grund des Himmels bedecken, ein nebliches Ansehen erhalten, und als ein undeutlicher Lichtschimmer in der Milchstraße wahrgenommen werden, aber dennoch, durch starke Fernröhre betrachtet, bei jedem mehr geschärften Blicke immer deutlicher aus diesem Nebel hervortreten und sich uns als sehr entfernte Sonnen kenntlich machen; aber diese Erscheinungen sind nicht die einzigen, welche der Sternenhimmel dem mit Fernröhren bewaffneten Auge darbietet. Stärkere Fernröhre nämlich zeigen uns nebliche Flecke, die zwar zum Theil aus Sternen bestehen, und durch Fernröhre, deren Raum durchdringende Kraft recht groß ist, sich als ein dichtes Gedränge von Sternen erkennen lassen, unter denen aber auch sehr viele sind, deren nebliches Ansehen selbst in den stärksten Fernröhren unverändert bleibt.

a
b
Polarst
A
Fig. 3.
C
D
E
F
G
K
B
N
F
L
A
P
B
b
a
Fig. 6.
O
D
C
E
F
G
Fig. 7.
C
B
30
60
90
A
Fig. 10.
D
A
90
60
30
B
C
Fig. 11.

durch sie durchschimmern. Bei den spätern Beobachtungen waren diese Sterne frei von allem Nebel. Herschel gründet hierauf die Behauptung, daß die matteren Stellen des Nebels näher als Sterne achter Größe liegen; die helleren Stellen, die entweder wegen wirklicher Verdichtung, oder darum heller erscheinen, weil da unsre Gesichtslinie in einer mehr gegen uns zu ausgedehnten Nebelmasse weiter fortgeht, mögen sich vielleicht noch erheblich mehr zu uns her ausdehnen.

Diese zufällig gegen unsern Standpunkt her weiter ausgebreiteten Aeste des Nebels können wohl bei manchen Nebeln Veranlassung geben, daß uns einige Stellen lichtvoller erscheinen; aber die Erscheinung solcher lichtvollerer Stellen in Nebeln kömmt zu oft und öfters auf eine zu regelmäßige Weise vor, um sie immer aus zufällig gegen uns gerichteten Aesten zu erklären. Vielmehr kann man den Gedanken nicht wohl unterdrücken, daß diese glänzendern Stellen oft einer größern Verdichtung der Nebelmaterie ihren Ursprung verdanken. Tab. XI. Fig. 21. zeigt einen solchen Nebel mit einer glänzendern, mehr verdichteten Stelle. — Daß diese lichtvollern Theile der Nebel nicht immer vorspringende, gegen uns gerichtete Aeste sind, die doch auch bedeutend lang seyn müßten, um das Licht so sehr zu verstärken, läßt sich unter andern daraus schließen, weil bei einigen Nebelflecken mehrere solche hellere Stellen vorkommen, und doch nicht wohl mehrere genau parallele Aeste angenommen werden können. Aber noch ein wichtigerer Grund, eine wirkliche Verdichtung des Nebels an solchen Stellen anzunehmen, liegt in der theoretischen Ueberlegung, daß die Anziehungskraft aller Materie eigen zu seyn scheint, und also auch als Eigenschaft dieser dünne verbreiteten leuchtenden Materie angesehen werden kann; wenn also irgend ein Umstand einmal eine größere Verdichtung an einer Stelle bewirkt hat, so scheint es uns, müsse diese, stets fortschreitend, immer mehrere der entferntern Theilchen um diesen Punkt sammeln, und immer mehr und mehr ein Hinstreben zur Kugelform hervorbringen.

Dieser Gedanke nun, daß eine, vermuthlich in sehr langsamen Fortschritten ihre Wirkung zeigende, anziehende Kraft, sich uns in den verschiedenen Formen der Nebelflecke kenntlich

mache, ist es, der Herschel bei der Anordnung der von ihm beobachteten Nebelflecke leitete. Seine Ansichten von der allmähligen Ausbildung der Nebelflecke würden eine starke Stütze erhalten, wenn es einmal gelänge, an einem länger beobachteten Nebelfleck solche Veränderungen wahrzunehmen; und wichtig kann daher, wenn sie sich als völlig zuverläßig bewährt, Cacciatore's Beobachtung eines neu entstandnen Nebelfleckes werden; denn wenn dieser an der Stelle, wo früher Lacaille, Piazzi und Cacciatore selbst alle ihnen merkwürdig scheinenden Gegenstände aufzeichneten, erst entstanden ist, so wird man auch wohl seine Fortbildung wahrzunehmen hoffen dürfen. Da man so etwas bisher nicht beobachtet hat, so sind wir gewohnt anzunehmen, daß diese Aenderung der Gestalt sehr langsam fortschreitet, und an jedem einzelnen Nebelflecke erst in sehr langen Zeiträumen merklich ist; denn lange Zeiträume mögen dazu erforderlich seyn, um aus Entfernungen von vielen Millionen Meilen diese dünne vertheilten Stoffe zu sammeln. Aber vielleicht stellen sich unserm Blicke alle verschiedenen Ausbildungsgrade an den verschiedenen Nebelflecken dar, und diese Vermuthung erlangt eine erhebliche Bestätigung dadurch, daß die sehr verschiedenen Formen der Nebelflecke solchen ungleichen Verdichtungsgraden sehr gut zu entsprechen scheinen. Denn so wie wir ausgedehnte Nebel mit mehreren Lichtpunkten finden, so giebt es nun auch Nebel, die fast ganz aus solchen Kernen bestehen, wo nämlich zwei oder mehrere glänzende Nebel neben einander liegen, und nur durch einen matten, zerstreuten Nebel, — gleichsam Ueberreste des Nebels, aus welchem sie ihre Materie hernahmen, — mit einander verbunden erscheinen. Andre, an Glanz fast gleiche, nahe neben einander stehende Nebel haben keinen solchen matten Nebel mehr um sich, und scheinen also in einer längern Verdichtungszeit schon alle zerstreuten Nebel in sich aufgenommen zu haben. Es giebt Gegenden am Himmel, wo diese getrennten Nebel einander so nahe liegen, daß sie in langer und fast ununterbrochener Folge vor dem Fernrohr vorbeigehen, und diese mögen also aus einer ungemein weit ausgedehnten Nebelschichte hervorgegangen seyn.

Auch die Form der gut begrenzten Nebel deutet auf eine solche anziehende Kraft hin. Es kommen zwar hie und da schmale, sehr in die Länge ausgedehnte Nebel vor, aber die meisten nähern sich mehr oder minder der runden Form, und bedeutend viele sind genau rund, oder scheinen kugelförmig zu seyn, und also die Gestalt schon angenommen zu haben, die als Wirkung der anziehenden Kraft endlich nothwendig hervorgehen muß. Unter diesen stellen sich viele so dar, daß man sie als in der Mitte mehr verdichtet anerkennen möchte, und diese Verdichtung gegen die Mitte findet in sehr verschiedenen Abstufungen, so wie Fig. 22. 23. es zeigen, statt.

Diese gegen die Mitte hin viel glänzendern Nebel, deren hellerer Theil sich mit allmählig abfallendem Lichte an den minder hellen anschließt, bilden gleichsam den Uebergang zu noch auffallendern Verschiedenheiten. Es giebt nämlich Nebel, deren Kern so vorglänzend ist, daß er zwar nicht ganz scharf abgeschnitten ist, aber doch in sehr schnellen Abstufungen zu dem matten Lichte der Nebelhülle übergeht. Bei verschiedenen Nebelflecken ist diese gegen die Mitte sehr auffallende Verdichtung ihrem Grade nach verschieden, und auch diese Nebelflecke, obgleich sie sich immer der Kugelform nähern, sind dennoch von sehr verschiedenen Gestalten, wie Fig. 24. 25. 26. zeigen.

Diese Nebelflecke scheinen noch immer aus eben dem Grundstoffe zu bestehen, wie die matter glänzenden Nebelflecke, indem ihr verdichteter Theil durch leise Uebergänge sich in eben die matte Art von Nebel verliert; aber sie erscheinen ganz wie eine gegen die Mitte stark verdichtete Masse. Andre dagegen sind rund und von ziemlich gleichförmigem Lichte, so daß man sie nicht gut mehr für durchsichtige Nebelmassen ansehen kann, indem sie mehr denjenigen Körpern gleichen, die bloß an ihrer Oberfläche leuchtend sind. Herschel vermuthet, daß hier die Nebelmaterie in einen andern Zustand übergegangen sei, daß vielleicht die Verdichtung, die anfangs das elastische Fluidum nur in der Mitte mehr anhäufte, ohne seine Natur zu ändern, hier eine wesentlich veränderte Beschaffenheit bewirkt habe, so daß die undurchsichtig gewordne Masse nur noch

einen phosphorescirenden Schein, sehr verschieden jedoch von dem lebhaften Sternenlichte zeigt. Diese planetarischen Nebel haben zwar fast ganz das Ansehen von Planetenscheiben, indeß ist ihr Rand doch noch etwas verwaschen, und deutet dadurch auf den Ursprung aus jener neblichen Materie hin. Herschel hat zehn solche planetarische Nebel von der vollkommensten Art, und mehr als zwanzig, die noch nicht ganz das planetarische Ansehen erreicht haben, angeführt; einige derselben haben 1 Minute Durchmesser, und müssen daher, da wir ihre Entfernung doch wohl nicht unter 10 Billionen Meilen rechnen können, 3000 Millionen Meilen im Durchmesser haben. Eine Kugel von diesem Durchmesser würde weit über die Größe unsers ganzen Planetensystems hinausreichen, und diese Körper müssen, wenn auch die Materie in ihnen noch nicht sehr verdichtet ist, doch eine Masse enthalten, die vermuthlich die Masse aller Körper unsers Sonnensystems übertrifft.

So scheint also die Beobachtung uns zu der Meinung hin zu leiten, daß durch allmählige Ausbildung aus den dünne zerstreuten Nebeln dichtere Körper hervorgehen, und vielleicht können sie selbst in ihrer Verdichtung noch weiter gehen, und sich als Sterne zeigen. Diese Vermuthung ist wenigstens nicht ganz ohne Grund, da Herschel mehr als hundert Gegenstände beobachtet hat, die er sternähnliche Nebel nennt, die nämlich so klein und glänzend, wie Sterne, erscheinen, aber doch durch eine nebliche Umhüllung, durch eine Umgebung von matten Strahlen, sich von den Sternen unterscheiden.

Ob diese nebliche Materie sich auch in der Nähe unsers Sonnensystems irgendwo findet, wissen wir nicht, da noch niemals ein Astronom eine Parallaxe eines Nebelflecks beobachtet hat; aber da im Weltraume viele Gegenden damit angefüllt scheinen, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch in unsrer Nähe sich diese Nebelmaterie finden mag, wenn sie auch zu fein vertheilt seyn sollte, um uns sichtbar zu werden. Auf diesem Gedanken beruht die Vermuthung, daß vielleicht die Cometen in ihren weit ausgedehnten Bahnen auf solche Nebelmassen treffen und einen Theil davon mit sich fortreißen können, und daß diese noch wenig verdichtete Materie es dann

sei, die von der Sonne abgestoßen, sich uns als Schweif des Cometen zeige. — Die Aehnlichkeit der Erscheinung, die ein Comet und ein Nebelfleck darbietet, spricht wenigstens einigermaßen hiefür. — Sind solche Nebelmassen im Weltraume vorhanden, so müßte auch wohl die Erde, indem sie mit der Sonne fortrückt, zuweilen auf sie treffen können, und dieses könnte, ohne daß wir von dieser dünnen, uns umgebenden Materie etwas weiter bemerkten, doch auf Witterung und atmosphärische Erscheinungen vielleicht Einfluß haben.

Unstreitig verdienten diese Nebel noch sorgfältiger beobachtet zu werden, da es wohl noch nicht so ganz ausgemacht ist, ob nicht unter ihnen einige sind, die entweder durch Parallaxe, oder durch relative Bewegung gegen die umgebenden Sterne, uns irgend ein Merkmal größerer Nähe darböten. Die öfter beobachteten scheinen nichts der Art zu zeigen; aber die, an welchen man Veränderungen wahrzunehmen geglaubt hat, namentlich der Nebel im Orion, verdienten wohl der Gegenstand neuer und genauer Beobachtungen zu werden, damit das, was bei diesen Veränderungen nur scheinbar ist, nur durch ungleiche Reinheit der Atmosphäre bewirkt wird, genau von den wirklich statt findenden Veränderungen unterschieden werde.

Neben dem Nebelfleck im Orion haben einige Beobachter eine auffallend dunkle Stelle am Himmel wahrzunehmen geglaubt; aber es ist wenigstens bis jetzt unsicher, ob nicht bloße Täuschung uns den Himmel da als vorzüglich dunkel zeigt, wo dicht daneben ein hellerer Gegenstand einen größern Theil des Himmelsgrundes bedeckt. Gründe, um dort einen Körper, irgend eine schwarze Masse, die uns den Grund des Himmels verdeckte, anzunehmen, ergeben die bisherigen Beobachtungen wohl nicht. Eben so scheinen auch die sogenannten Magellanswolken, oder Kohlensäcke, dunkle Flecke in dem südlichen, uns unsichtbaren Theile der Milchstraße, nur durch das Abstechende gegen die helle Milchstraße, sich als so auffallend schwarz zu zeigen; — indeß verdienten diese doch eine genaue Beobachtung mit starken Fernröhren, indem es sehr der Mühe werth wäre, zu wissen, wie denn hier die Austheilung der Sterne sich zeigt, und in welchem Grade stern-

leer hier die entferntern Gegenden unseres Sternsystems seyn mögen. — Doch ich kehre zu den Schlüssen zurück, die sich auf Herschels Beobachtungen gründen, unter denen mir folgende noch bemerkenswerth scheinen.

Unter den in der Mitte verdichteten Nebeln finden sich viele, die nicht rund sind, sondern ein stark abgeplattetes Sphäroid darzustellen scheinen, oder an einer runden Masse zwei lange, an beiden Seiten ziemlich gleiche Arme zeigen, wie Fig. 24. 27. 28. Diese Gestalt deutet, wie Herschel glaubt, auf eine Umdrehung um die Axe hin, und die dünne Nebelmasse müßte dann, eben so wie der dichtere Körper selbst, eine solche Bewegung um die Axe haben. Entstehen könnte diese Rotation vielleicht aus einem, von verschiedenen Seiten her ungleichen Strome der sich mit dem dichteren Körper vereinigenden neblichen Materien, und die einmal entstandne Rotation würde sich dann allen übrigen Theilchen mittheilen. Diese Betrachtung gewinnt an Wichtigkeit, wenn wir die verdichteten Nebelflecke als sich ausbildende Sonnen ansehen, und überlegen, daß auch unsre Sonne vielleicht vor vielen Jahrtausenden auf gleiche Weise ausgebildet seyn möge; denn dann könnten wir eine Bestätigung der schon früher angeführten Meinung Laplace's über die Entstehung unsers Sonnensystems, und den Ursprung der rechtläufigen Bewegungen in demselben, hier in den Nebelflecken finden. Diese sphäroidischen, durch Axendrehung in dieser Form erhaltenen Nebelflecke wären dann das, was, nach Laplace, unsre Sonne war, als sich ihre Atmosphäre noch bis über die Grenzen der Uranusbahn hinaus erstreckte, und es könnte auch in ihnen wohl, nach längern oder kürzern Zeiträumen, eine solche Absonderung einzelner Planeten, und eine so starke Verdichtung der Nebelmassen, daß ein fester Sonnenkörper entstände, statt finden.

An diese Beobachtungen über Nebelflecke schließt sich noch eine andre Reihe von Beobachtungen Herschels an, welche die Verbindung des Nebels mit Sternen zeigt. Herschel bemerkt nämlich, daß die Fälle, wo ein dünner Nebel mit Sternen in Verbindung steht, zu oft vorkommen, als daß man es bloß für ein zufälliges Zusammentreffen halten könnte.

Es giebt Sterne, die rund um von mattem Nebel umgeben sind, andre, die als Doppelsterne neben einander stehend, einen Nebel zwischen sich haben, der in die Länge ausgedehnt, sich von einem Sterne bis zum andern erstreckt. Es giebt ferner Sterne, die an einem Ende eines lang ausgedehnten Nebels stehen, so als ob der Nebel sich aus der Ferne zu dem Sterne hin gezogen hätte, und andre, die in einer ausgedehnten Nebelschichte den Nebel um sich verdichtet zu haben scheinen, endlich andre, die im Mittelpunkte eines elliptisch ausgedehnten Nebels stehen. Eben so finden sich auch Sternhäufchen, die Nebel zwischen sich haben, so als ob sie entweder aus diesem Nebel entstanden wären, oder auch diesen Nebel aus der Ferne zu sich herangezogen hätten. — Wir wissen nicht, ob diese Nebelmaterie nach und nach sich mit der Masse der Sterne verbindet, oder was ihre Bestimmung ist; aber eine wirkliche, nicht bloß scheinbare, Umgebung mancher Sterne mit Nebelmaterie läßt sich wohl kaum bezweifeln.

* * *

Diese bisher angeführten Beobachtungen lagen noch ganz entfernt von der Betrachtung, mit welcher ich diese Vorlesung anfing, aber sie mußten hier zuerst angeführt werden, um diejenige Art von Nebelflecken, die aus einer ganz andern Materie zu bestehen scheinen, von denen zu unterscheiden, die dem vereinigten Glanze zahlreicher Sterne ihr mattes Licht verdanken. Sie wissen schon aus dem Vorigen, daß die Milchstraße selbst nichts anders ist, als der vereinigte Glanz unzähliger, höchst entfernter Sterne, die, einzeln nicht erkennbar, den ganzen Himmelsgrund mit einem hellen Nebel überziehen; und die Ueberzeugung, daß hier das vereinigte Licht zahlreicher Sterne als Nebel erscheint, berechtigt zu der Vermuthung, daß auch andre Nebelflecke wohl aus Sternen bestehen mögen; und diese Vermuthung wird durch Herschels Beobachtungen bestätiget. Obgleich nämlich sehr zahlreiche Nebelflecke selbst in den stärksten Fernröhren ihr nebliches Ansehen behalten, und daher als ausgedehnte Massen eines schwach leuchtenden Stoffes angese-

hen werden müssen, so giebt es doch andre, in welchen Fernröhre von starker Raum durchdringender Kraft und hinreichender Vergrößerung eine Menge zusammengedrängter Sterne wahrzunehmen erlauben. Auch diese Sternensysteme, deren Herschel sehr viele beobachtet hat, zeigen eine Mannigfaltigkeit der Anordnung, und haben vielleicht, wie Herschel glaubt, einen verschiedenen Grad von Ausbildung erreicht.

Da dasjenige Sternsystem, zu welchem unsre Sonne gehört, sich nach den Gegenden hin, welche senkrecht auf die Milchstraße liegen, nicht so weit erstreckt, daß nicht unser geschärftes Auge bis über die Grenzen hinausreichte, so bietet sich uns die Frage dar, was denn dort in der unendlichen Tiefe des Raumes noch für Gegenstände zu entdecken seyn mögen. Fänden wir keine neue Gegenstände, so würde doch, glaube ich, niemand so kühn seyn, zu behaupten, daß wir dort über die Grenzen der gesammten Schöpfung hinaussähen, sondern wir würden gewiß die Vermuthung viel angemessener finden, daß jenseits des Raumes, welcher unser Sternsystem umgiebt, dennoch andre Weltgebäude, die unserm Blicke unerreichbar seyn mögen, vorhanden sind. Aber das, was unsre Idee von der Unendlichkeit der Schöpfung zu fordern scheint, das stellt sich auch unserm Auge als wirklich vorhanden dar, indem zahlreiche Nebelflecke, zahlreiche Sternsysteme, sich grade da am häufigsten zeigen, wo die Grenzen unsres Sternsystemes am engsten beschränkt sind. Um das Haar der Berenice liegen viele hundert Nebelflecke, von denen Herschel zwar nicht ausdrücklich sagt, daß sie alle sich als aus Sternen bestehend zeigen, die er aber doch so anzusehen scheint, indem er sie als Theile eines eben solchen aus Millionen von Sternen bestehenden Systems ansieht, wie das ist, dessen große Ausdehnung wir neulich näher untersucht haben; und ziemlich eben so, obgleich etwas mehr zerstreut, fand Herschel auch um den andern Pol der Milchstraße zahlreiche Nebelflecke.

Diese Nebelflecke bestehen aus so kleinen Sternen, daß man in manchen selbst mit dem 20fußigen Telescop sie mit Mühe entdeckte, und aus dieser Schwäche ihres Lichtes leitet Herschel eine ungefähre Bestimmung ihrer Entfernung ab.

Da nämlich das 20fußige Telescop uns Sterne noch in 61 mal so großer Ferne, als die, bis zu welcher das bloße Auge reicht, zeigt, und dieses ungefähr bis auf 12 Siriusfernen in den Raum eindringt, so dürfen wir 730 Siriusfernen als die Entfernung solcher Sternhaufen annehmen, und manche müssen, ähnlicher Berechnung zu Folge, wohl noch entfernter seyn, manche dagegen scheinen auch uns näher zu liegen. Berechnet man unter Voraussetzung einer solchen Entfernung die wahre Größe dieser Sternhaufen, so scheint jeder einzelne nicht viel über zwei oder drei Siriusfernen im Durchmesser zu haben, und dieß zeigt uns, daß die sparsame Vertheilung der Sterne im Raume, die wir in der Nachbarschaft unsrer Sonne bemerken, nicht das allgemeine Gesetz ist, nach welchem die Sterne angeordnet sind, sondern daß sie hier, und so vielleicht auch an manchen Stellen des Systems der Milchstraße gedrängter stehen. Diese zahlreich neben einander stehenden, und wie Herschel es ausdrückte, eine Nebelschichte bildenden Sternhaufen, mögen also wohl zusammen ein ähnliches Heer von unzählbaren Sternen darstellen, wie es die Sterne, die in der Schichte der Milchstraße vereinigt sind, thun. Es wäre wohl denkbar, daß diese Schichte, die durch einen leeren Raum von der Schichte der Milchstraße getrennt ist, dieser ziemlich ähnlich wäre; denn es ist offenbar, daß nur diejenigen Theile einer solchen weit ausgedehnten Sternenschichte uns sichtbar werden können, wo die Sterne gedrängter stehen, und daß unzählige einzelne Sterne, die sparsamer ausgestreut, gleichsam die Verbindung zwischen jenen Haufen bilden, uns ganz unkenntlich bleiben mögen. Indeß brauchen wir auch nicht grade diese Gleichheit anzunehmen; es können höchst mannigfaltige Anordnungen solcher Sternsysteme statt finden, und da, wo viele Sterne in einem Raume von einer Siriusferne zusammengedrängt sind, würden wir uns diese am liebsten durch Bewegung um einen Mittelpunkt im Gleichgewichte erhalten denken, ohne grade zu entscheiden, ob das Bestehen des Systems nicht noch auf andre Weise gesichert seyn könne.

Herschel hat an seine Beobachtungen dieser Sternenheere noch andre Betrachtungen geknüpft. Wenn wir uns

die durch Hunderte von Siriusfernen ausgetheilten zahlreichen Sterne unsers Sternensystems denken, und nun unsre Aufmerksamkeit auf die richten, welche an den äußersten Grenzen des Systems liegen, so können wir es uns nicht anders vorstellen, als daß diese durch die anziehende Kraft aller Sterne dieses Systems in einigem Grade gegen die Mitte hin gezogen werden. Es scheint also auch hier ein Bestreben, sich näher zu vereinigen, statt finden zu müssen, und wir wissen nicht, ob diesem Bestreben durch eine Umlaufsbewegung entgegengewirkt wird, oder ob wirklich ein Näherrücken statt findet, welches vielleicht, in so sehr weiten Räumen, erst nach langen Reihen von Jahren merklich wird. Dieser Wirkung anziehender Kräfte schreibt nun Herschel die verschiedene Anordnung der von ihm beobachteten Sternhaufen zu, und unterscheidet daher verschiedene Arten von Sternhaufen. Einige, obgleich sie in einem kleinen Raume eine nicht mehr zählbare Menge von kleinen Sternen enthalten, zeigen doch keine bestimmte Anordnung, keine Zusammendrängung um einen oder mehrere Mittelpunkte, und nehmen einen unregelmäßigen Raum ein; in andern sind die Sterne deutlich um einen Mittelpunkt vereiniget, sie erscheinen um diesen als gedrängter stehend, oder es giebt auch wohl in demselben Sternhaufen mehrere Mittelpunkte dieser Zusammendrängung. In diesen Sternhaufen, wo durch eine längere Dauer die anziehenden Kräfte schon mehr eine bestimmte Anordnung bewirkt zu haben scheinen, ist bei einigen die runde Form, wie Fig. 29, zwar merklich, aber es liegen noch viele Sterne zerstreut, wenn gleich deutlich zu eben dem Sternhaufen gehörig, in größern Fernen; bei andern hat die Zusammendrängung nach mehreren Mittelpunkten eine längliche Form hervorgebracht; bei andern sind die kleinen Sterne gegen eine Reihe hellerer Sterne so hingedrängt, als ob diese eine ganze Reihe anziehender Mittelpunkte bildeten; bei andern endlich ist es deutlich, daß sie (wie Fig. 30) in einen kugelförmigen Raum zusammengedrängt sind, also sich ganz den Gesetzen der Anziehung gemäß geordnet haben. Diese kugelförmigen Sternsysteme, von denen Fig. 30 eine Darstellung, so gut

dieses möglich ist, giebt, gehören zu den schönsten Gegenständen am Himmel; sie zeigen in einem sehr kleinen Raume ein unzähliges Heer von Sternen, und diese scheinen bei manchen gegen den Mittelpunkt hin dichter zu stehen, so daß man um den Mittelpunkt das Flimmern unzähliger Sterne, deren Zahl sich nicht bei Hunderten abschätzen läßt, wahrnimmt. Und das, was sich uns in diesen schöner glänzenden Sternhaufen deutlich zeigt, scheint in andern, die vermuthlich noch weit entfernter sind, ebenso statt zu finden, wenn gleich da das Hervorglänzen einzelner Sterne nicht mehr wahrnehmbar ist. Diese schwächern Sternhaufen nämlich stellen sich im zwanzigfußigen und vierzigfußigen Fernrohre so dar, wie jene es in schwächern Fernröhren thun, und obgleich sich darauf keine Berechnung ihrer Entfernung gründen läßt, so kann man doch die Vergleichung anstellen, daß Gegenstände, die mit bloßem Auge noch kenntlich sind, und mit dem siebenfußigen Telescop als Sternhaufen erkannt werden, in eine 75 mal so große Ferne gerückt, noch dem zwanzigfußigen Telescope sichtbar bleiben würden. Liegt also ein solcher, dem bloßen Auge noch sichtbarer Sternhaufen, wie Herschel es von einigen glaublich macht, auch nur um 144 Siriusfernen von uns, so würde das zwanzigfußige Telescop ihn in 10800 Siriusfernen noch als undeutlichen Gegenstand, als bloßen Nebelfleck wahrnehmen lassen. Und hieraus schließt man wohl nicht mit Unrecht, daß jene nur in den stärksten Fernröhren sichtbar werdenden Gegenstände, die sich bei so großer Kraft etwa so zeigen, wie die Sternhaufen sich dem bloßen Auge oder einer schwachen Raum durchdringenden Kraft darstellen, wohl nur ihrer ungemein großen Entfernung wegen uns so unvollkommen kenntlich sind, — daß also neue Fernröhre, die gegen unsre stärksten Fernröhre sich so verhielten, wie diese gegen das bloße Auge, erfunden werden müßten, um uns über die wahre Beschaffenheit dieser Gegenstände zu belehren, um uns in 10000 Siriusfernen, in Entfernungen von 100000 Billionen Meilen noch neue Sternensysteme zu zeigen.

Doch wir bedürfen dieser Fernröhre nicht! Schon die Gegenstände, von denen ich Ihnen hier das Wichtigste, was die Beobachtungen ergeben, mitgetheilt habe, sind so groß, so zahlreich, so mannigfaltig, daß sie noch für viele Menschenalter Stoff zu lehrreichen Untersuchungen darbieten werden. Ob je eine Zeit kommen wird, wo die Bewohner der Erde jene Fortbildungen in der Schöpfung, als beobachtet an einzelnen Nebelflecken, näher kennen werden, ob es je dem irdischen Auge gelingen wird, die Wahrheit der Vermuthung, daß so der Stoff zu neuen Welten vor unsern Augen da liegt, zu bestätigen, — das zu entscheiden, dürfen wir uns nicht anmaßen. Ob ein Zeitraum von Jahrtausenden ausreicht, um jenes Sammeln der Sterne um einen Mittelpunkt, um jene durch Anziehung bewirkte engere Vereinigung der Sterne eines Sternsystems dem Erdenbewohner zu zeigen; ob endlich selbst in dem Sternsysteme, zu welchem unsre Sonne gehört, bedeutende Veränderungen merklich werden können; ob die glänzenden, durch Myriaden von Sternen mit schönerem Lichte ausgestatteten, Stellen der Milchstraße sich in einen engern Raum zusammenziehn und leere Plätze neben sich lassen werden; ob selbst diese Weltenheere, alternd, einem Zusammensturze entgegen gehen; ob vielleicht das schnelle Auflodern der so selten erschienenen neuen Sterne uns dieses, durch Anziehung bewirkte, Zusammenstürzen und den Untergang von Welten, die Millionen von Jahren gedauert hatten, zeigt; — ob daraus neue Schöpfungen hervorgehen? — diese und unzählige andre Fragen müssen wir der Nachwelt zu beantworten überlassen, die über die Wahrheit dessen, was wir mit kühnen Vermuthungen errathen haben, und über die Irrthümer, zu welchen wohlbegründet scheinende Fehlschlüsse geführt hatten, entscheiden wird.

Uns, denen nur der Anfang einer genauern Kenntniß des unermeßlichen Weltgebäudes gewährt ist, denen nur wenige Blicke in die unendliche Ferne gelungen sind, denen diese wenigen Blicke einen so unerschöpflichen Reichthum an Welten und Weltsystemen, daß wir nicht mehr wagen, sie in Zahlen auszusprechen, gezeigt haben, uns fordert schon diese, wenn

gleich beschränkte, wenn gleich unsichere, Kenntniß, zur dankbarsten Freude auf.

Empfinden wir es gleich, daß wir nur an der Schwelle des Tempels stehen, dessen Pracht wir ganz kennen zu lernen wünschten, so haben wir doch gesehen, daß jeder neue Blick auf das Weltgebäude, jede neue Forschung, aufs reichste belohnt wird, daß der schwachen Kraft des Menschen viel zu entdecken, glücklich einzudringen in den Plan des Weltbaues, vergönnt ist, und daß dem Bewohner der Erde noch ein unerschöpflicher Reichthum von Entdeckungen offen steht. Aber wie groß diese Entdeckungen auch einst seyn mögen, immer wird dennoch der Erdbewohner das Bekenntniß, daß er nur an der Schwelle des Tempels stehe, wiederholen müssen; — immer wird sein sehnender Blick eine noch unerforschte Unendlichkeit vor sich sehen, immer wird der Anblick des Himmels ihn eben so sehr mit Demuth erfüllen vor dem, der unzählbare Welten in den Ocean der Unendlichkeit aussä'te, als es ihn mit Freude erfüllt, zu bekennen, daß die Himmel die Ehre Gottes erzählen und die Erde voll ist von seiner Güte.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

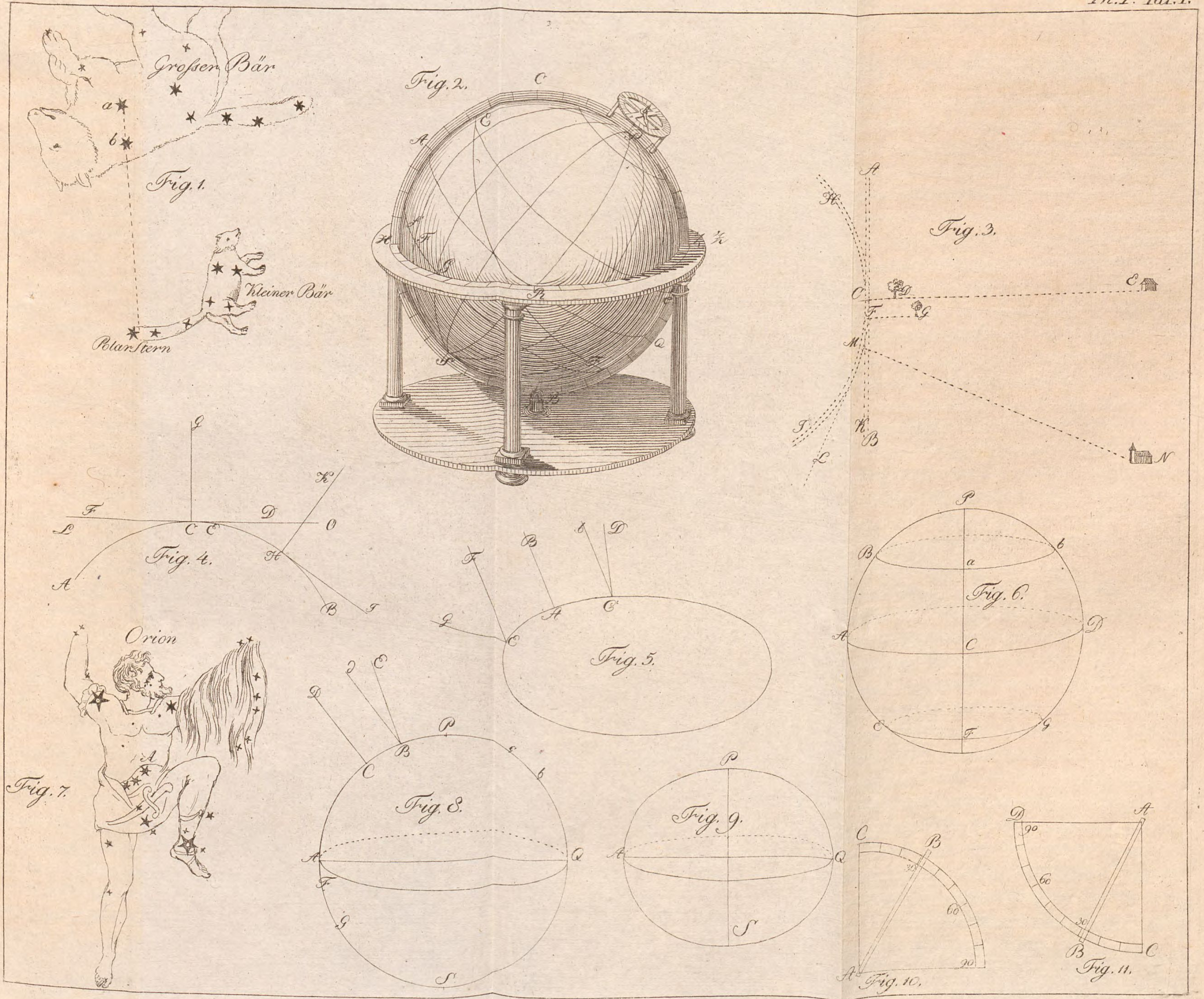
Eine Flamme von dem Altar an dem Thron
Ist in unsere Seele geströmt!
Wir freun uns Himmelsfreuden,
Daß wir sind, und über Ihn erstaunen können.

Klopstock.

Verbesserungen.

Seite 4	Zeile 12	v. o.	l. oder minder nahe	st. oder wieder nahe
— 79	— 24	v. o.	l. hervorgegangene	st. hervorgezogene
— 86	— 14	v. o.	l. wie von unserm	st. wie die von unserm
— 168	— 4	v. u.	l. dünnen leuchtenden	st. dünn leuchtenden
— 172	— 11	v. u.	l. war indeß nicht	st. ward indeß nicht
— 224	— 14	v. u.	l. Algenib	st. Algerib
— 225	— 4	v. u.	l. der Gang der	st. der Glanz der
— 238	— 19	v. o.	l. ihre Raum	st. ihren Raum
— 245	— 8	v. u.	l. β des Stiers	st. b des Stiers

Th. I. Taf. I.



Großer Bär
Fig. 1.
Kleiner Bär
Polarstern
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Orion
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

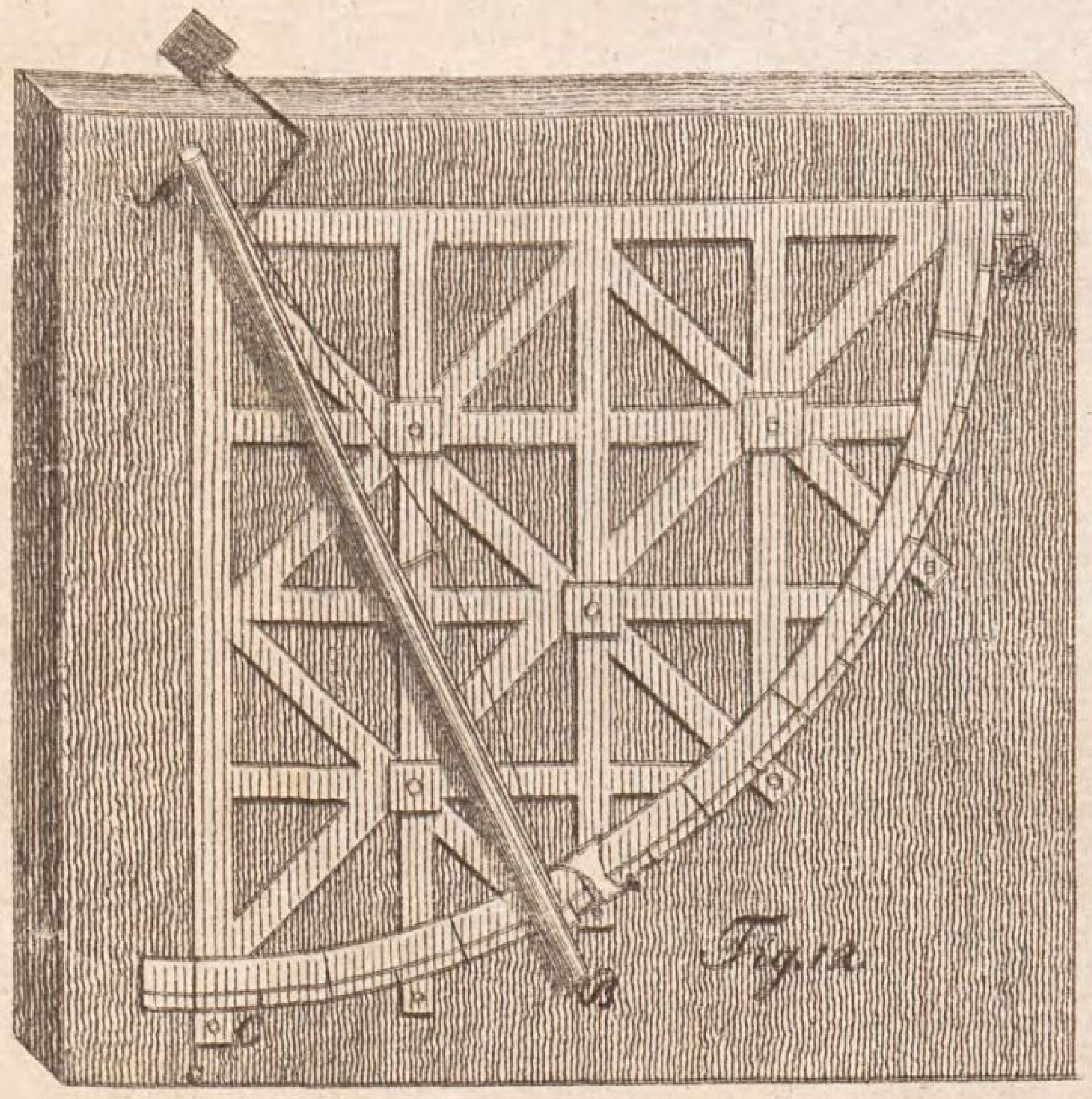


Fig. 12.

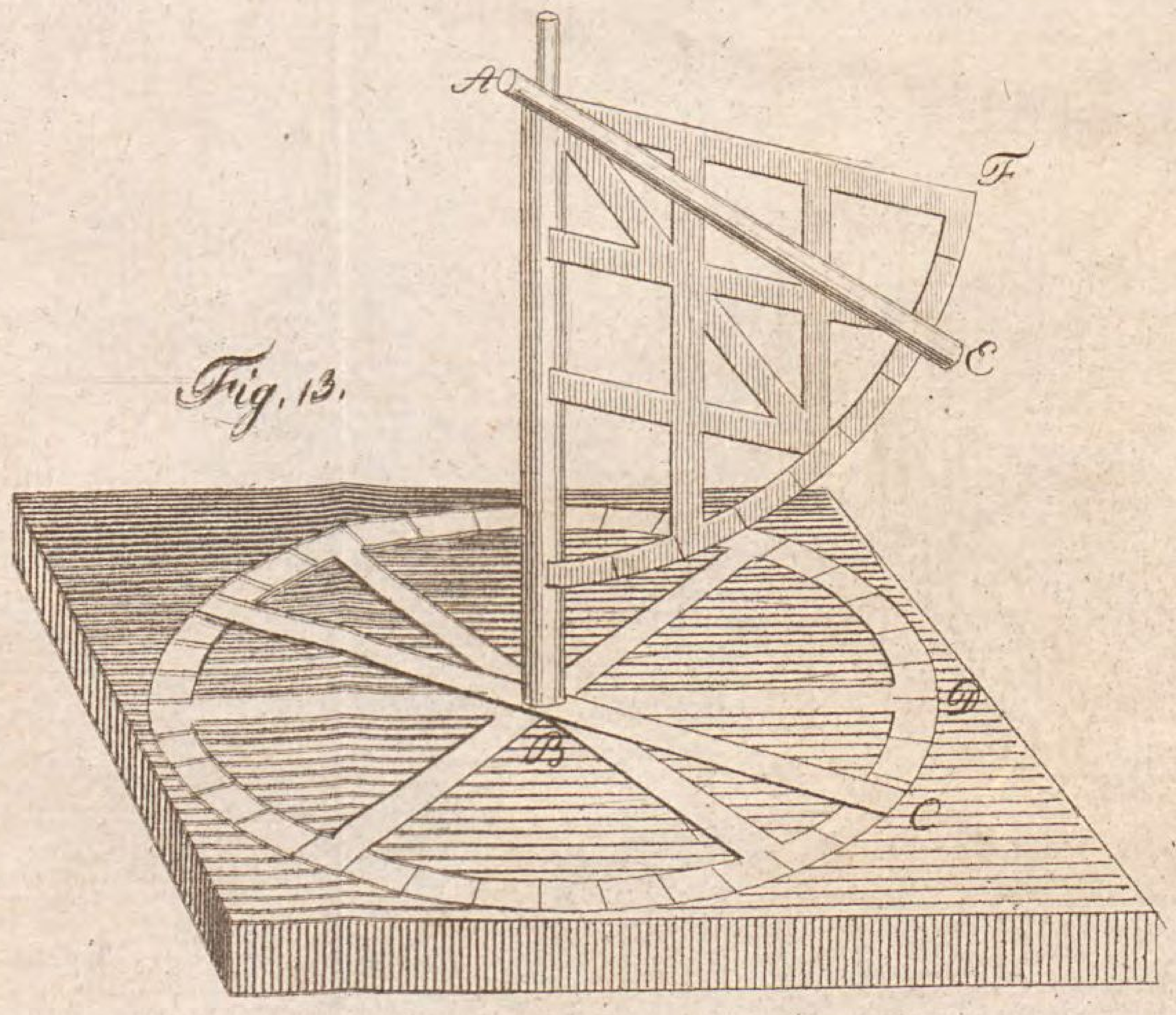


Fig. 13.

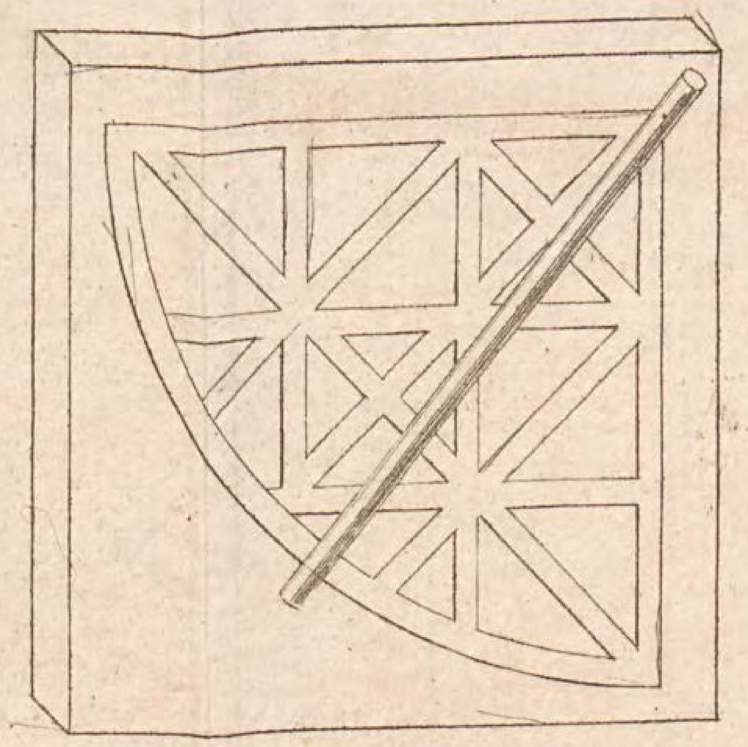


Fig. 14.

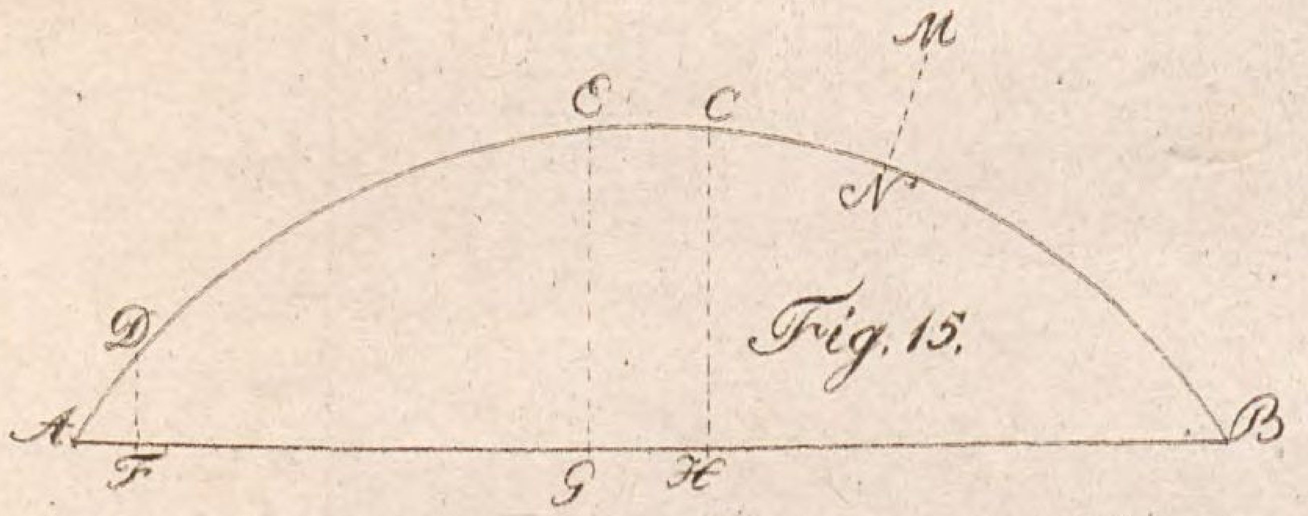


Fig. 15.

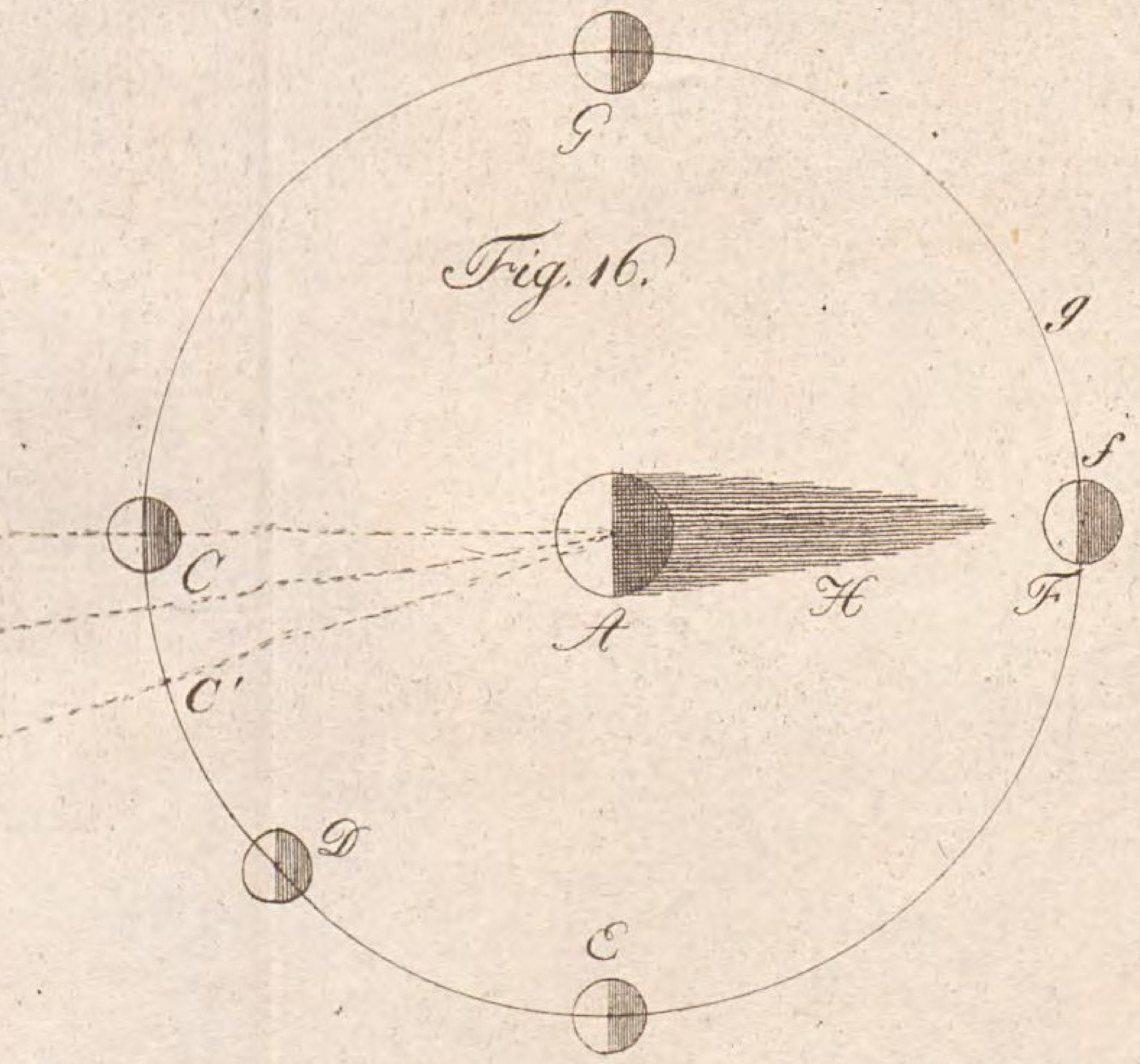


Fig. 16.

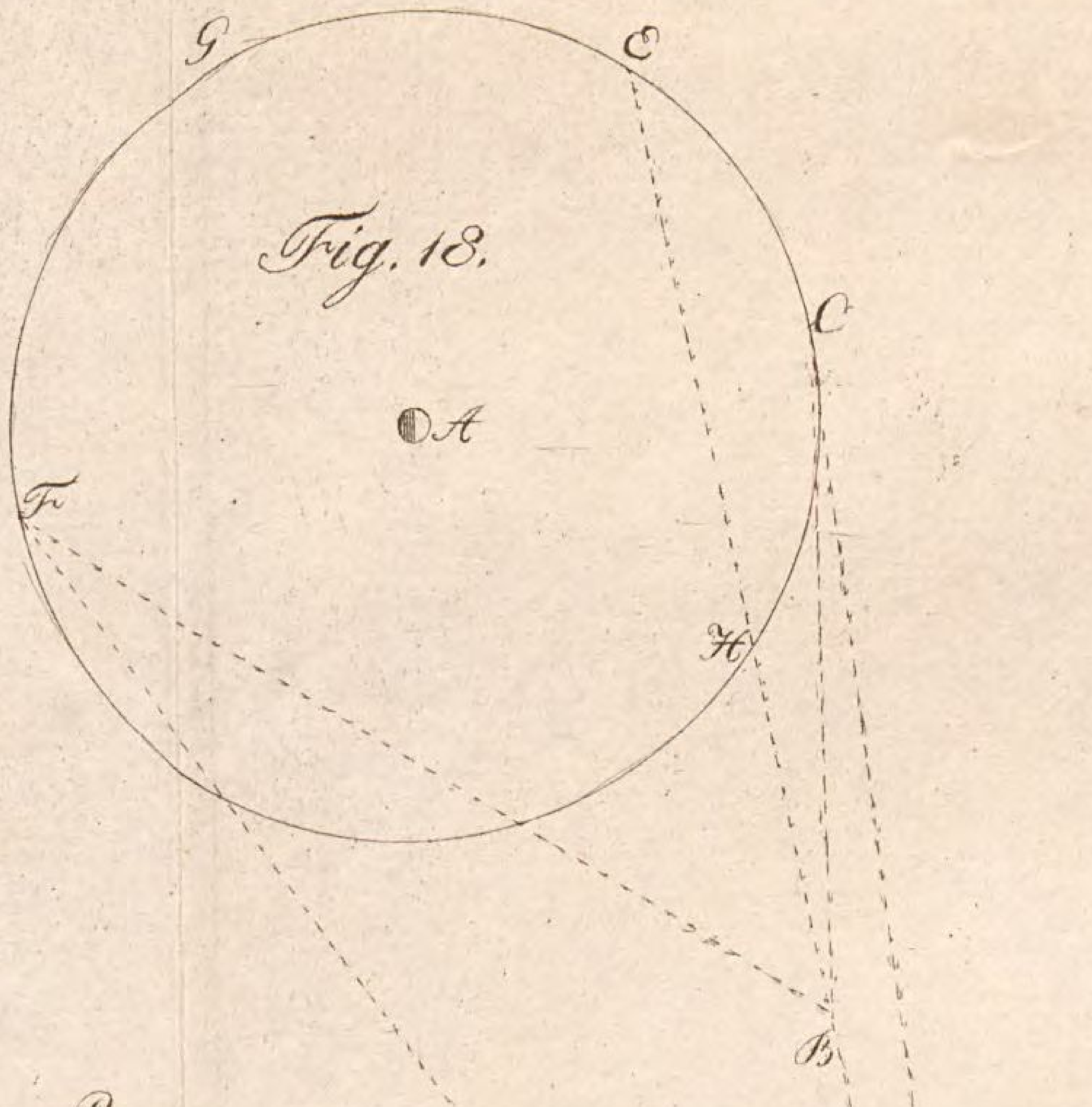


Fig. 18.

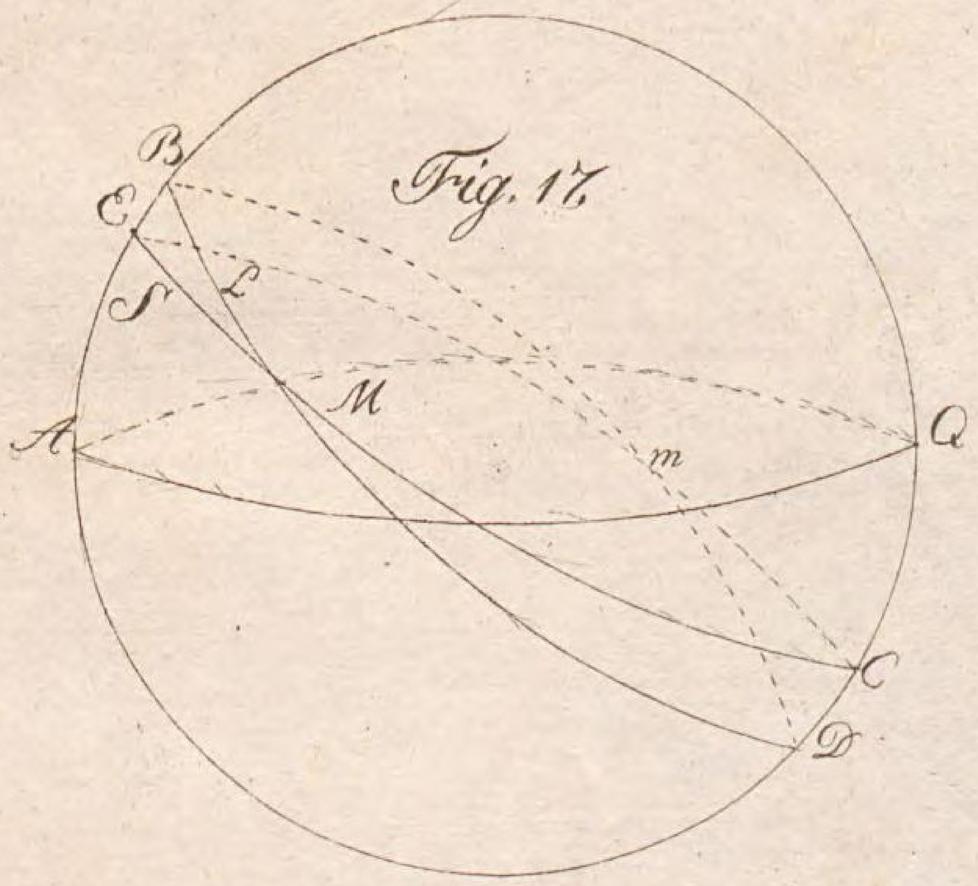


Fig. 17.

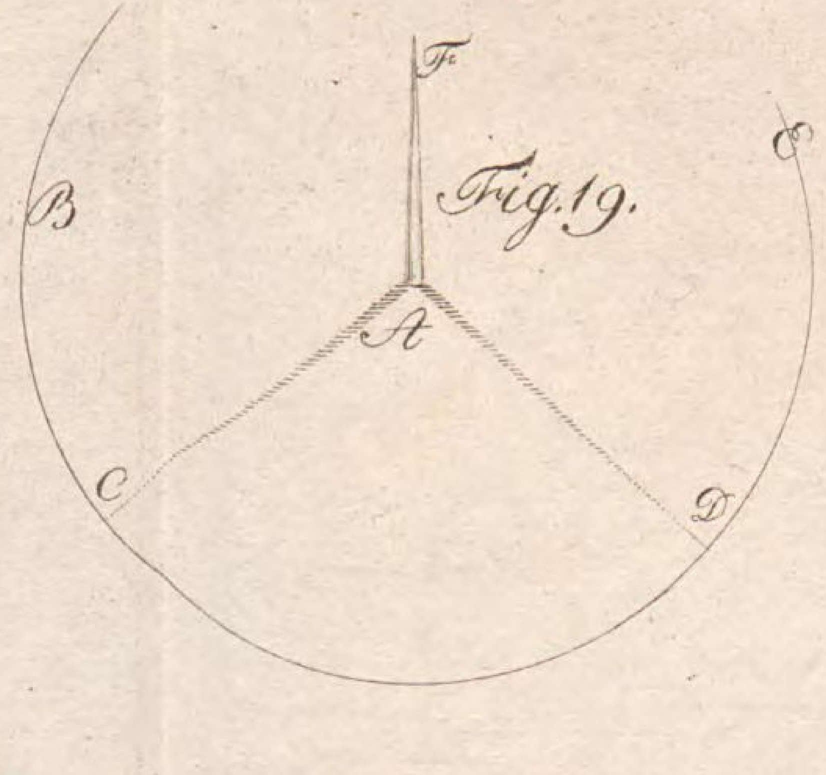


Fig. 19.

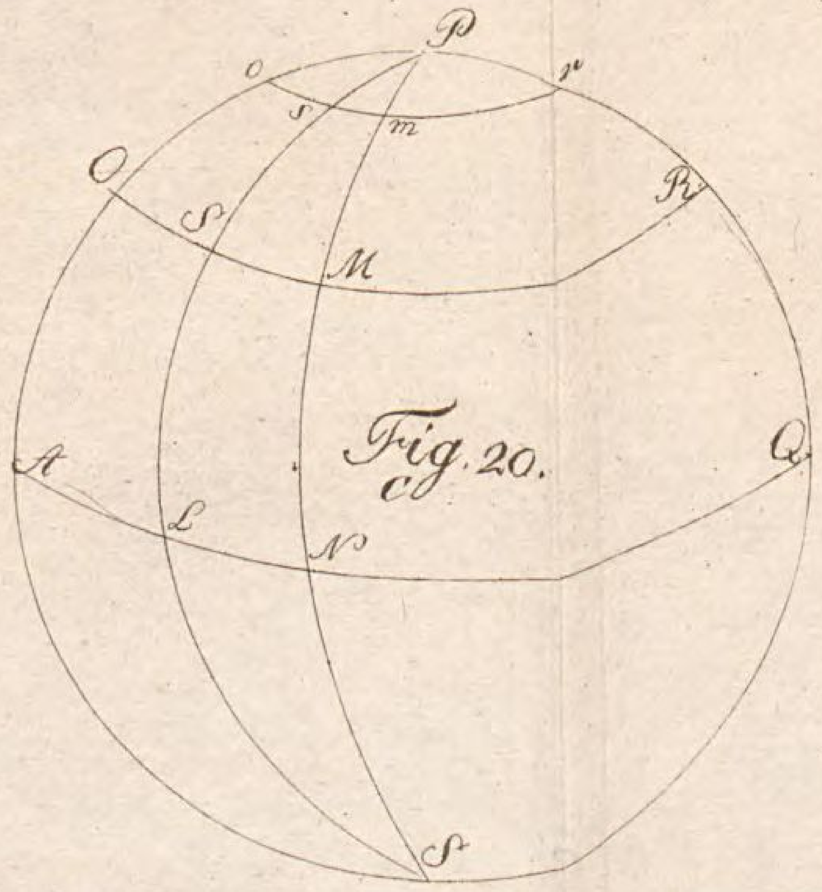


Fig. 20.

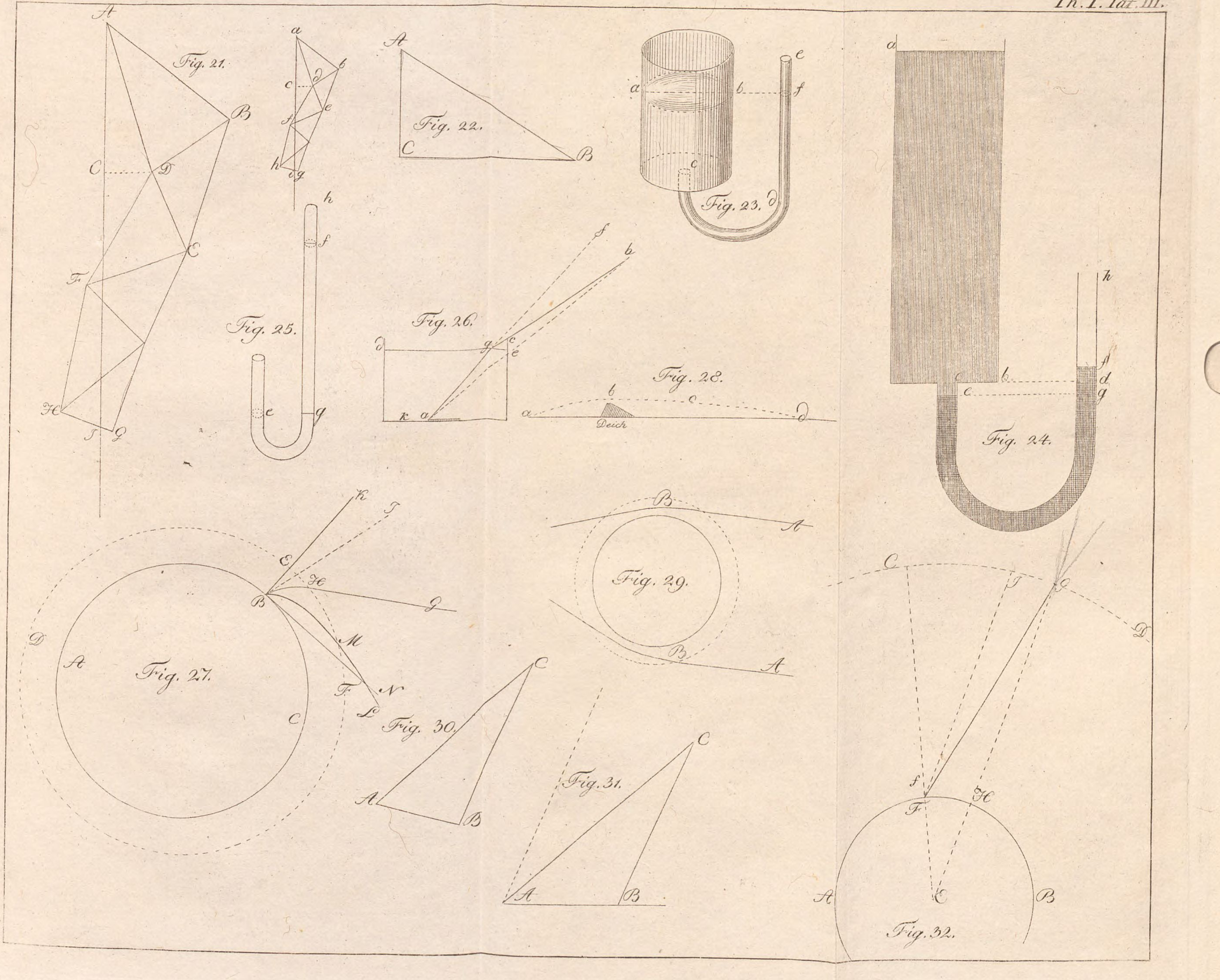


Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 28.
Deich
Fig. 27.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.

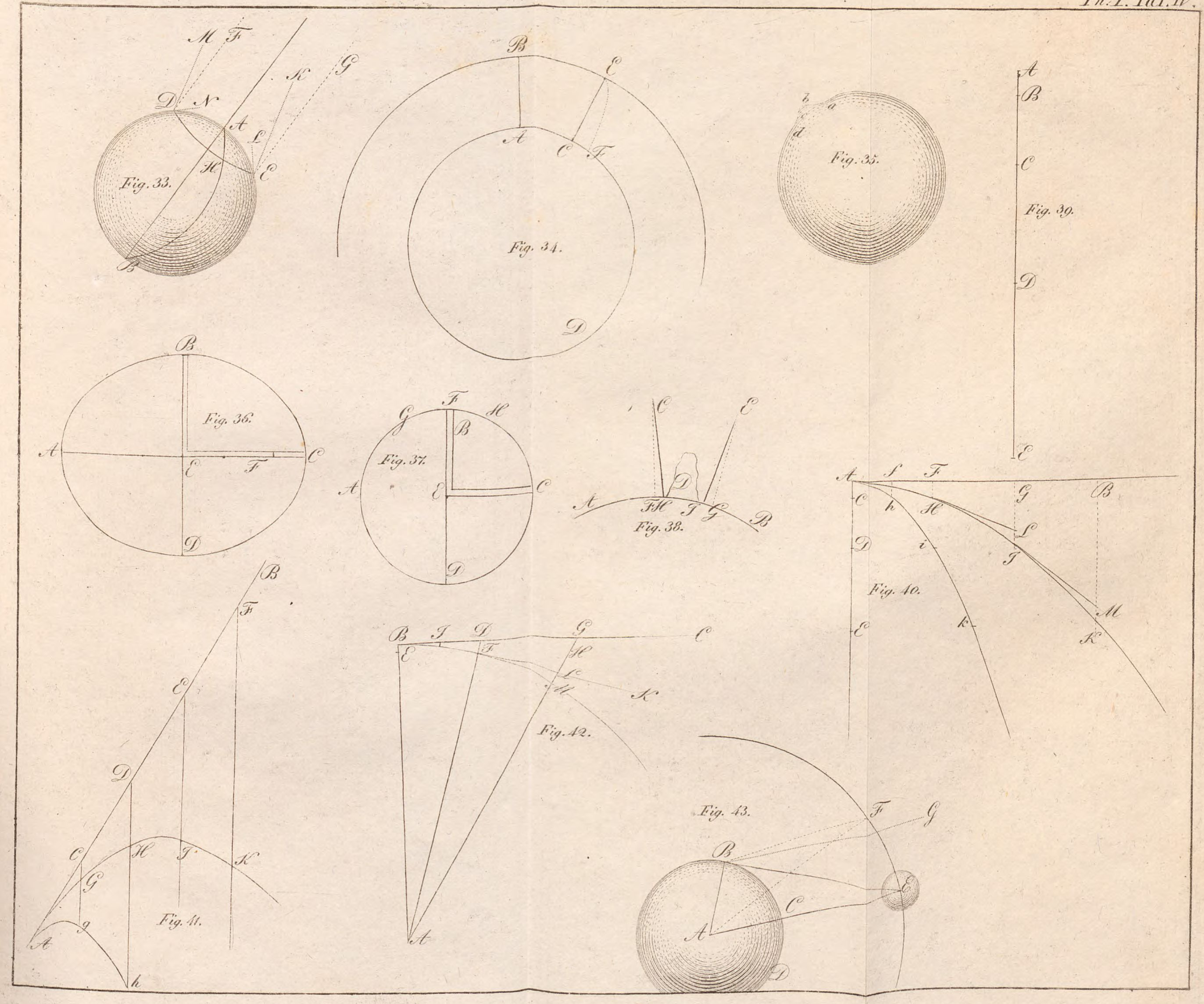


Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.

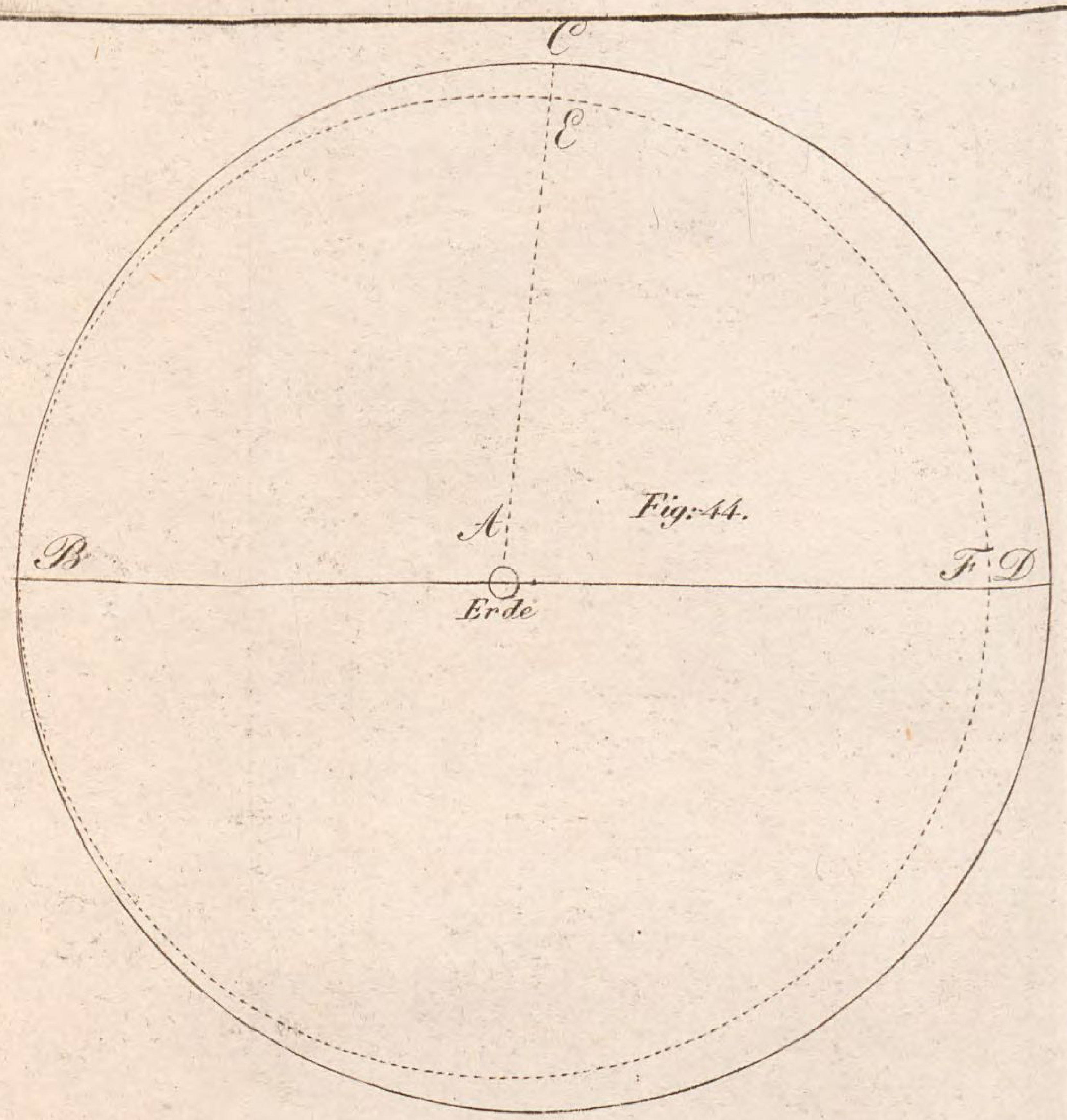


Fig: 44.

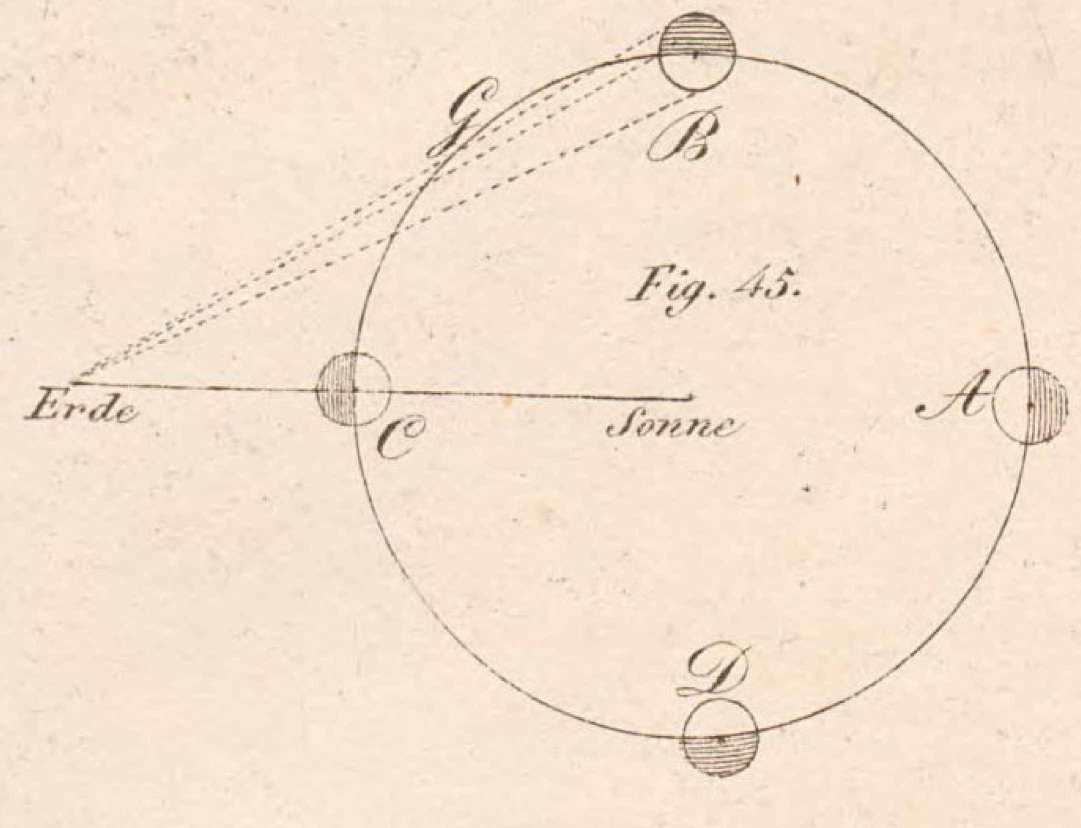


Fig. 45.

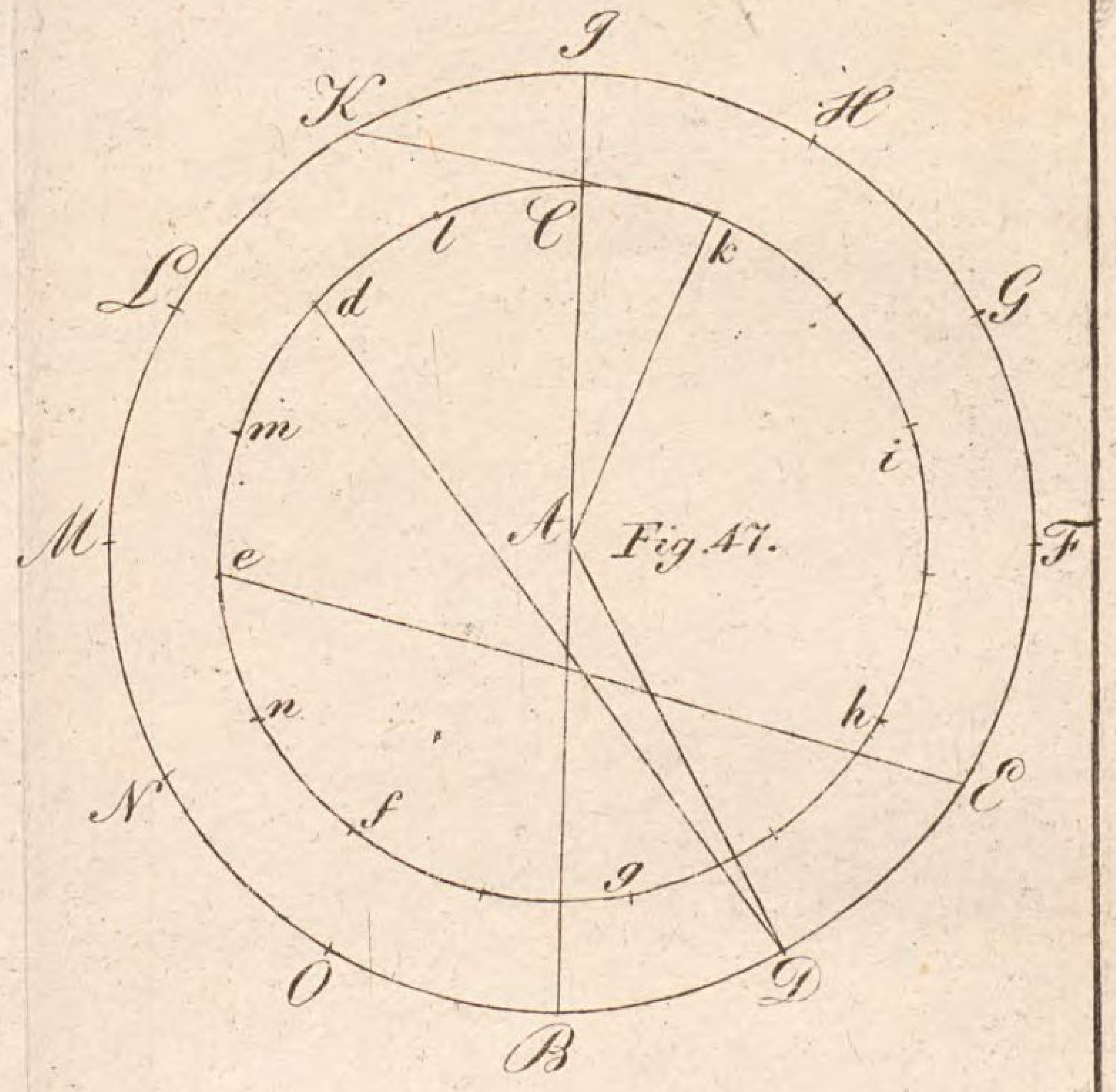


Fig. 47.

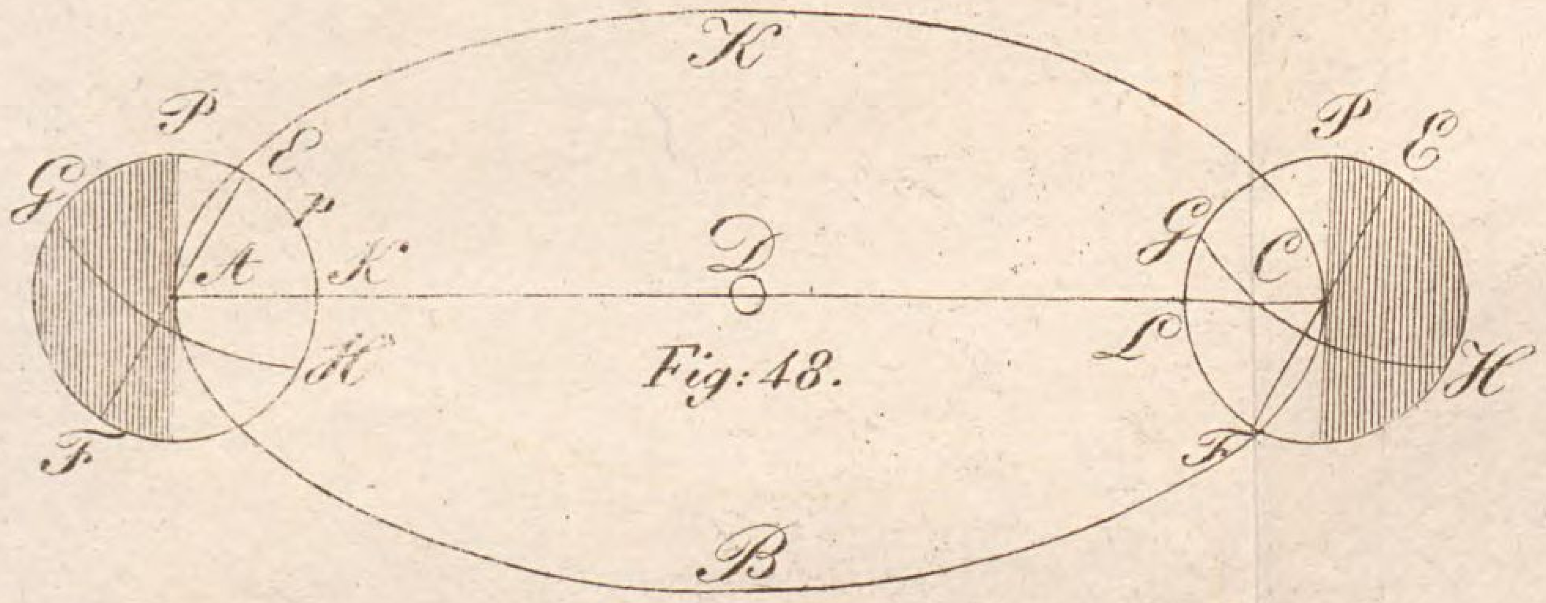


Fig: 48.

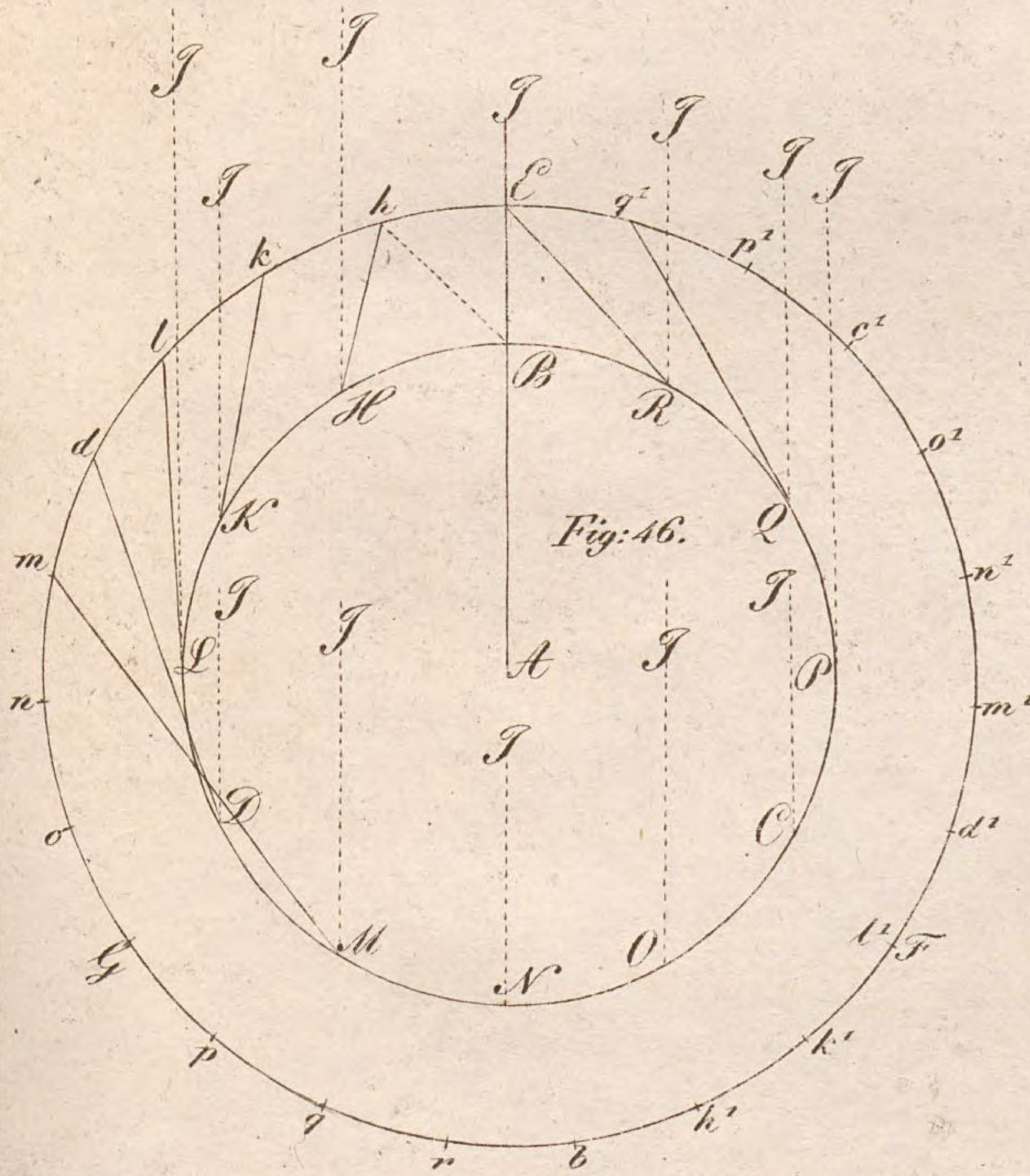


Fig: 46.

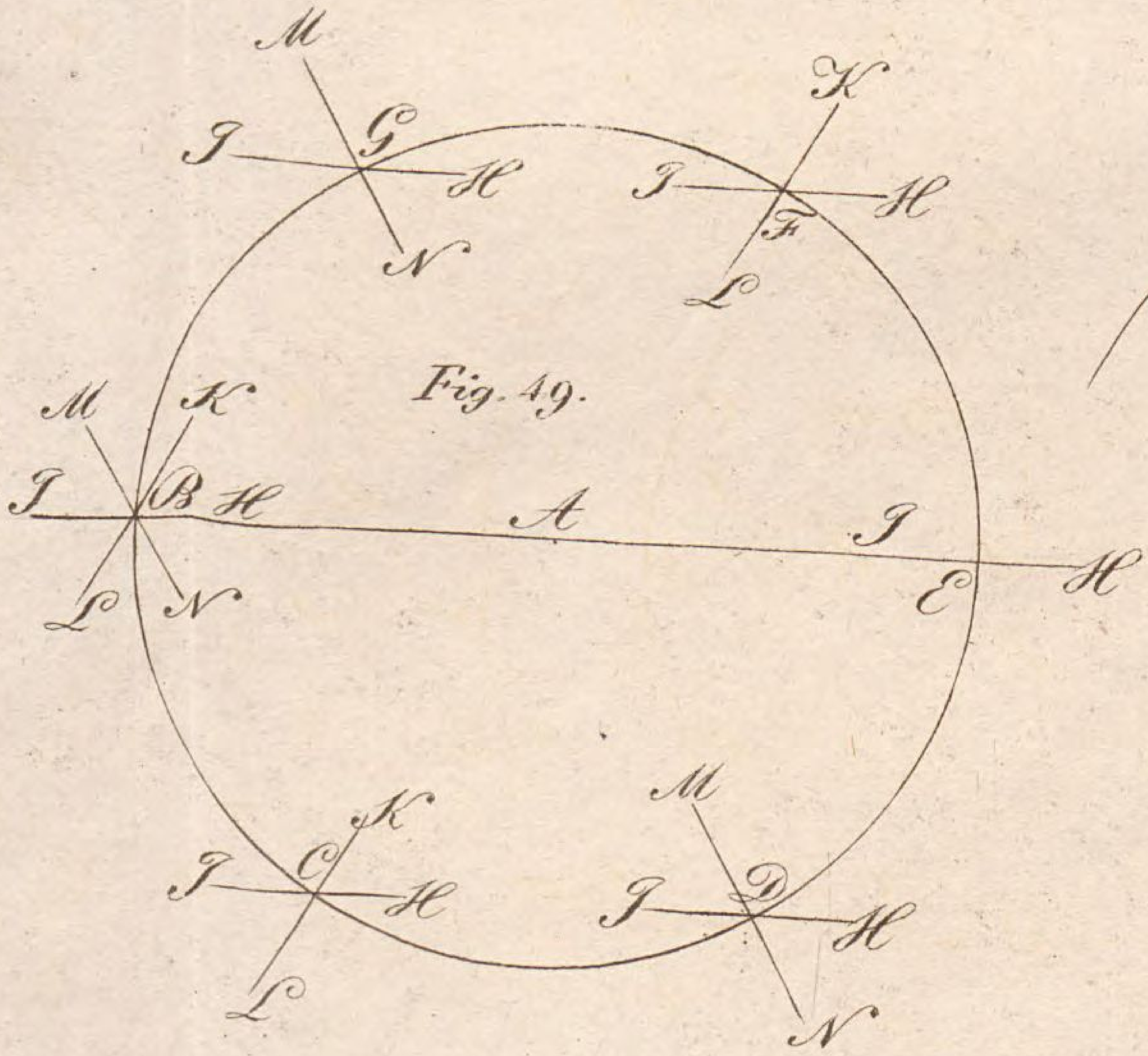


Fig. 49.

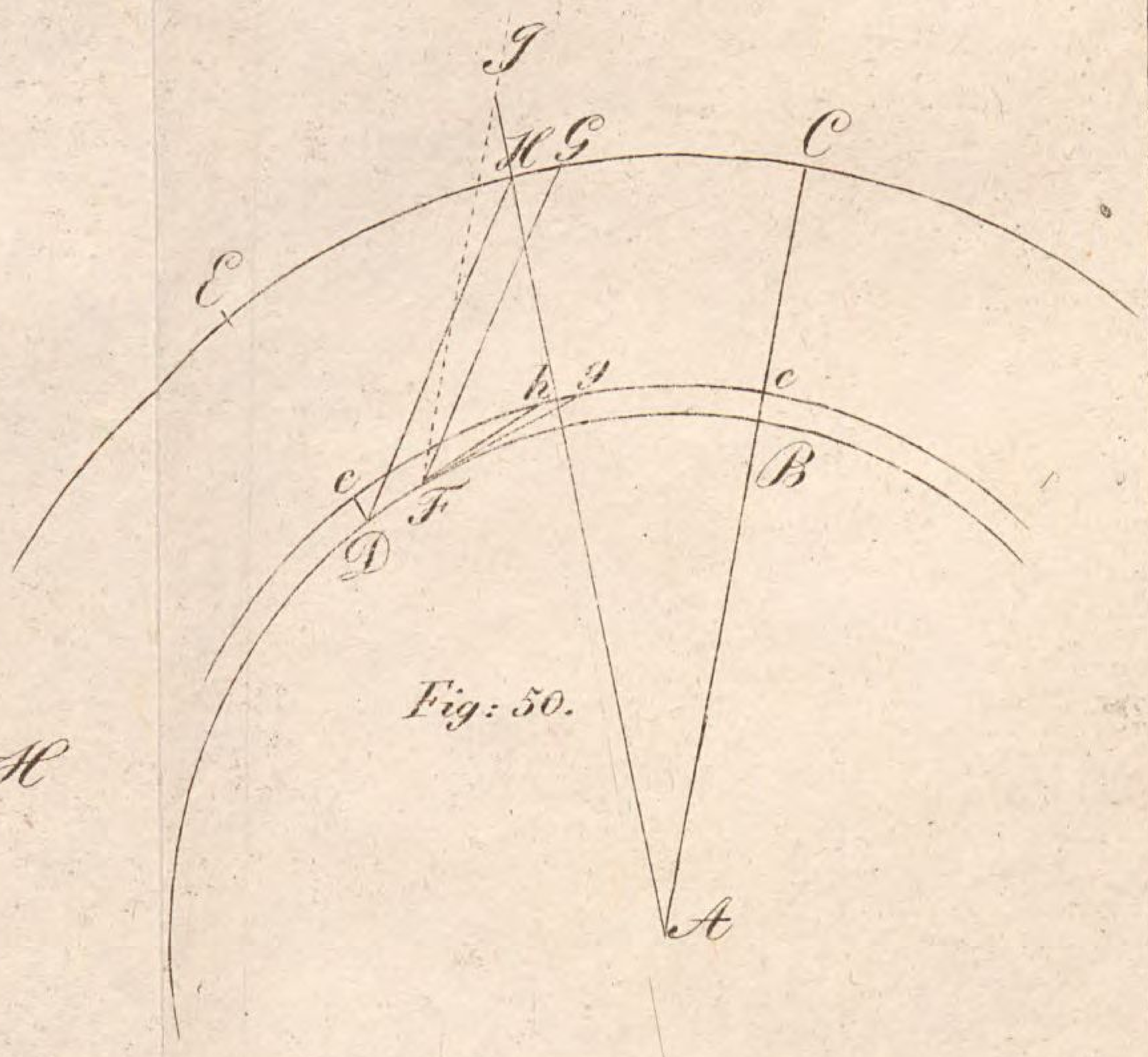


Fig: 50.

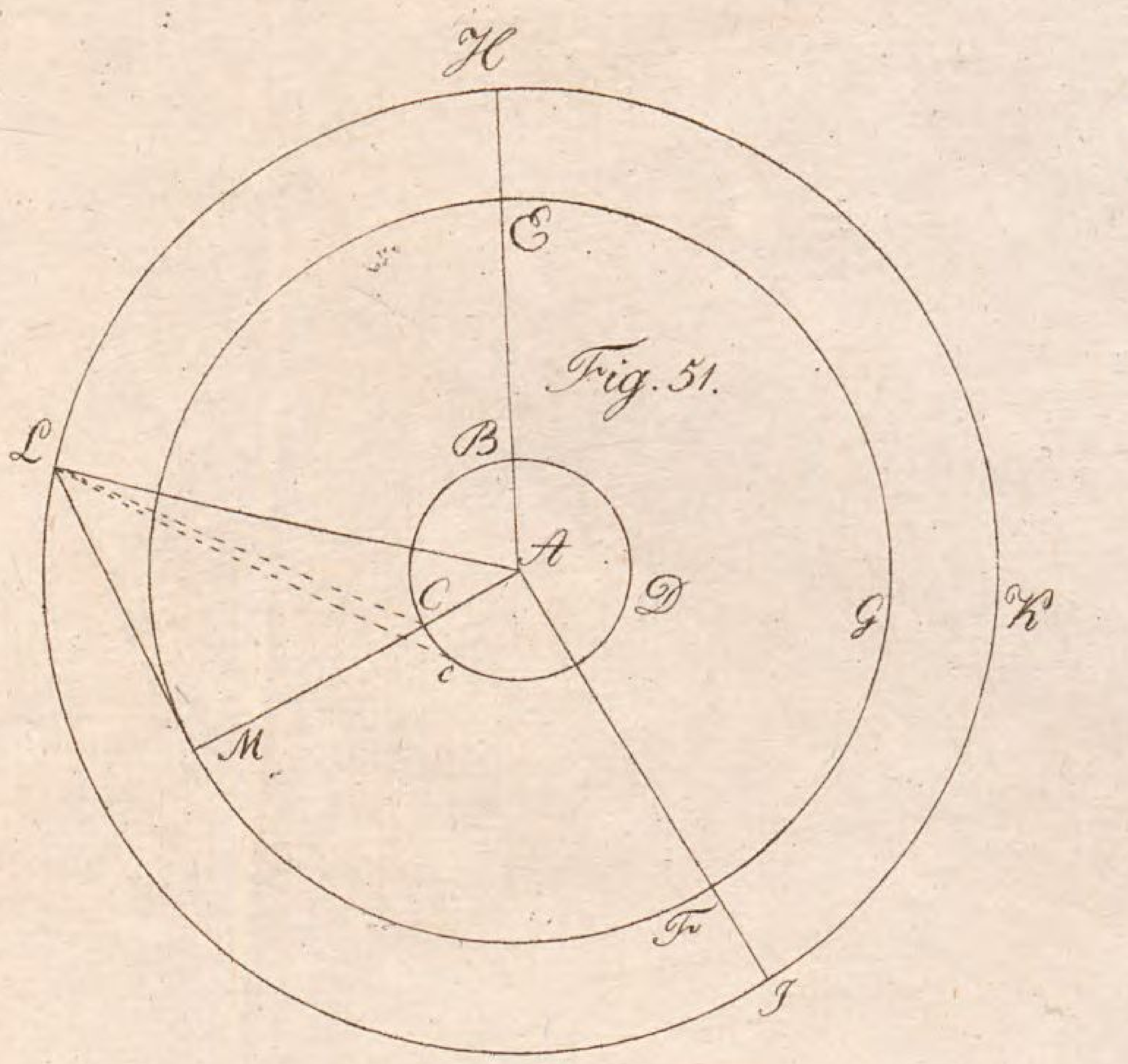


Fig. 51.

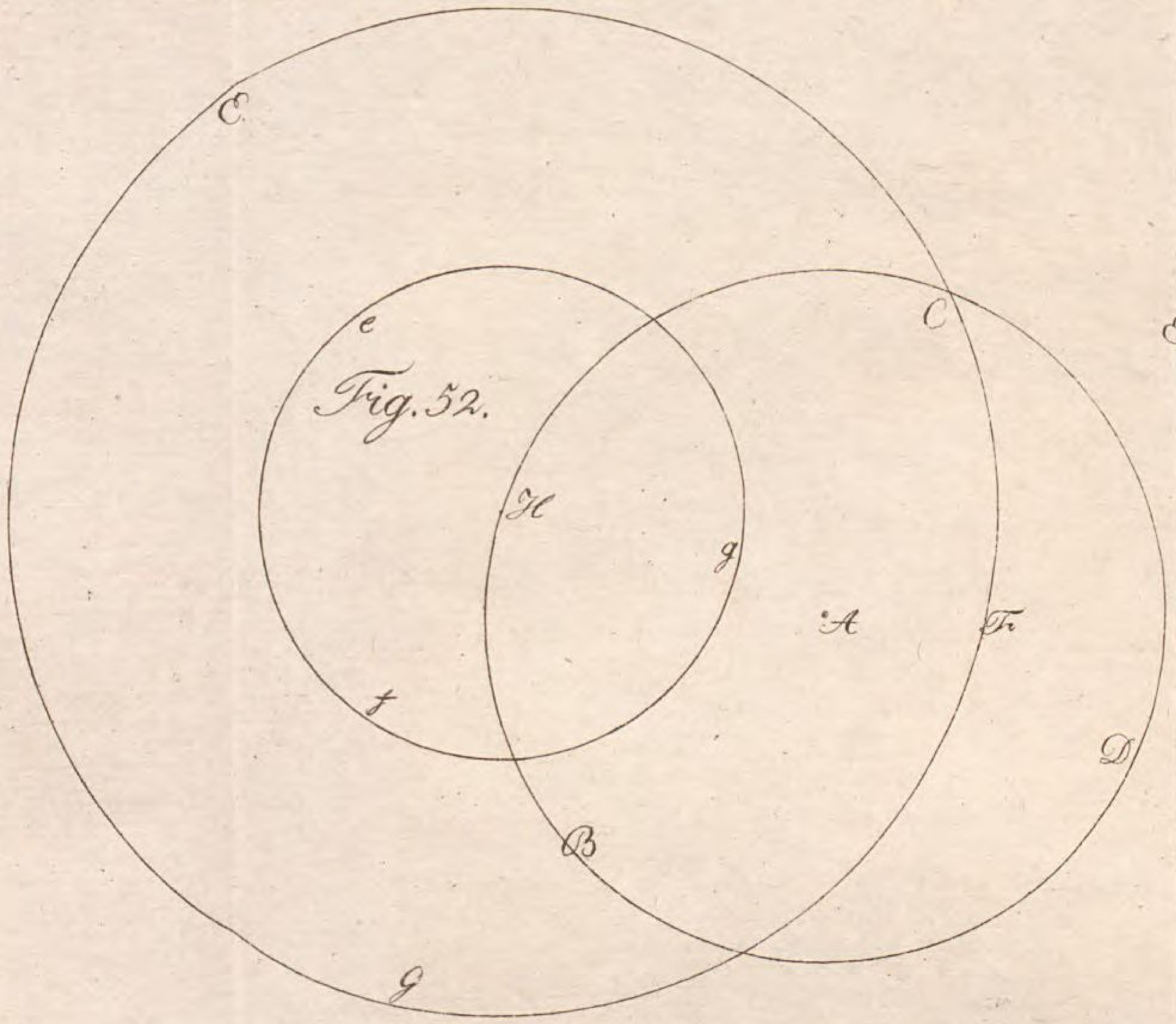


Fig. 52.

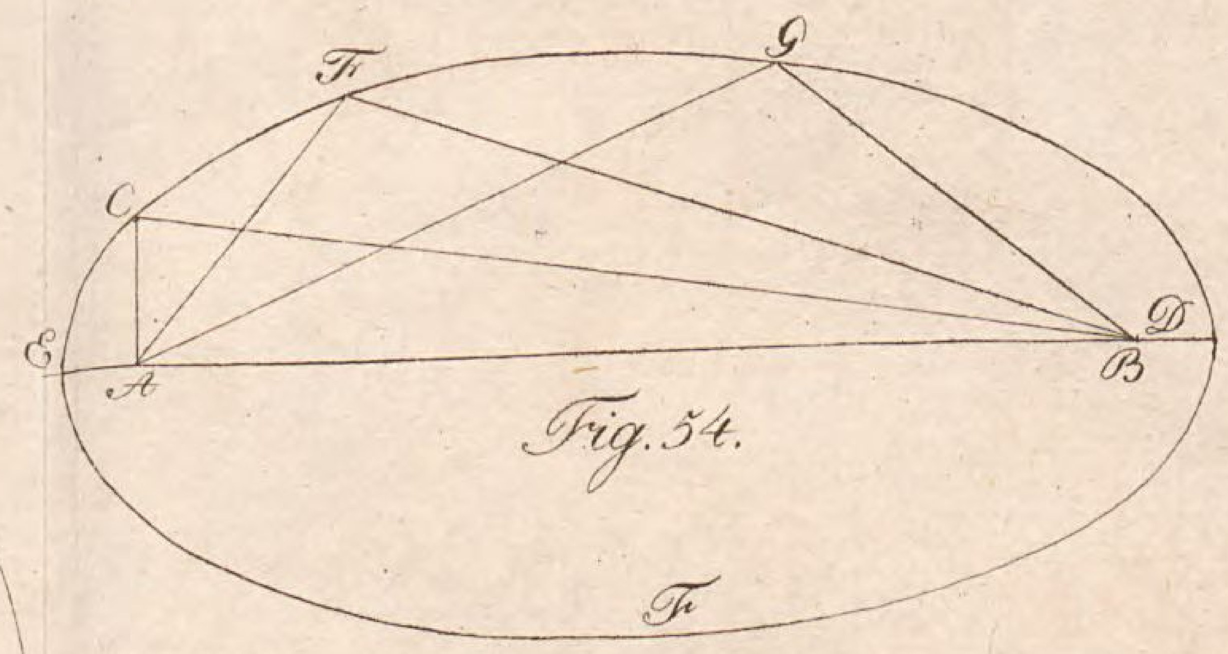


Fig. 54.

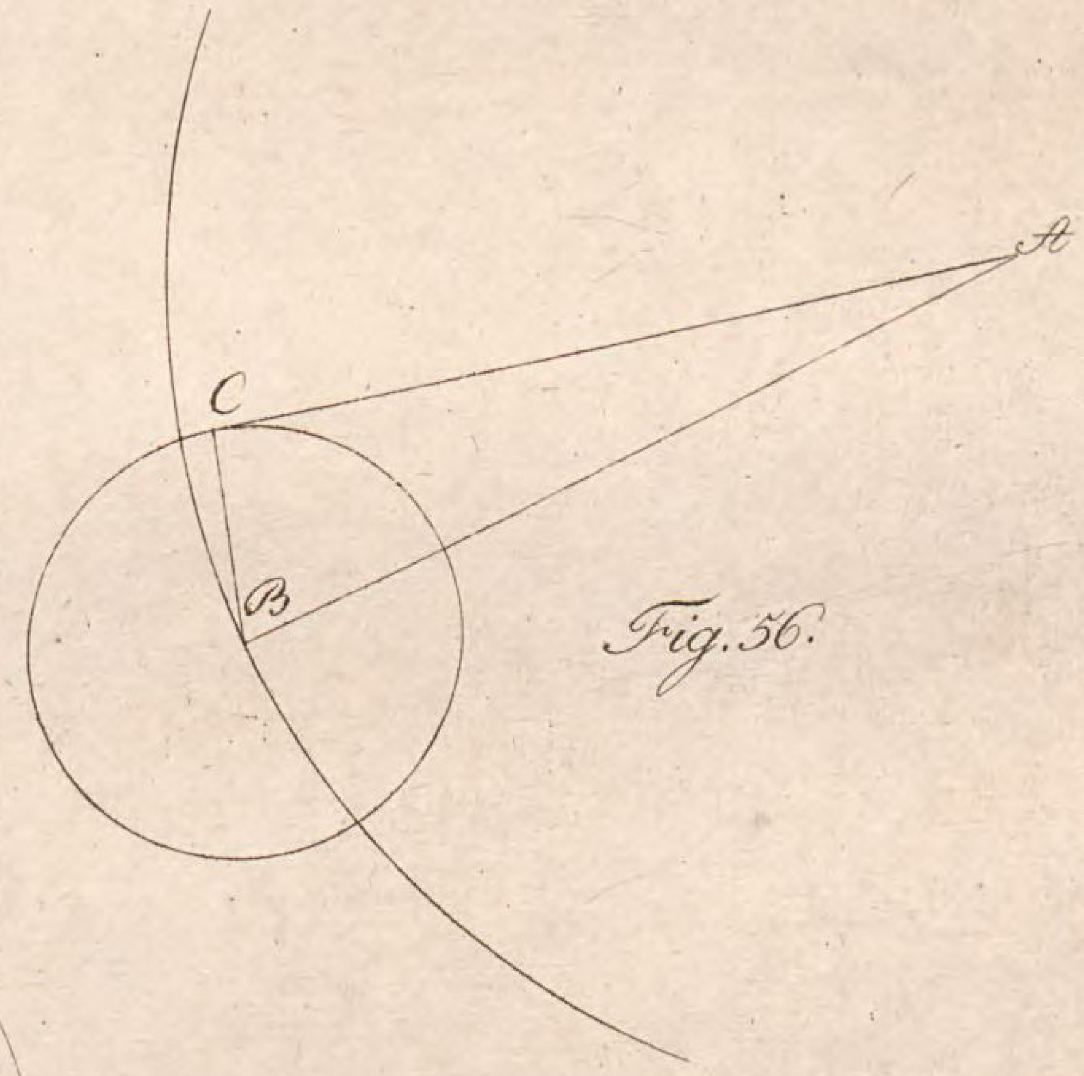


Fig. 56.

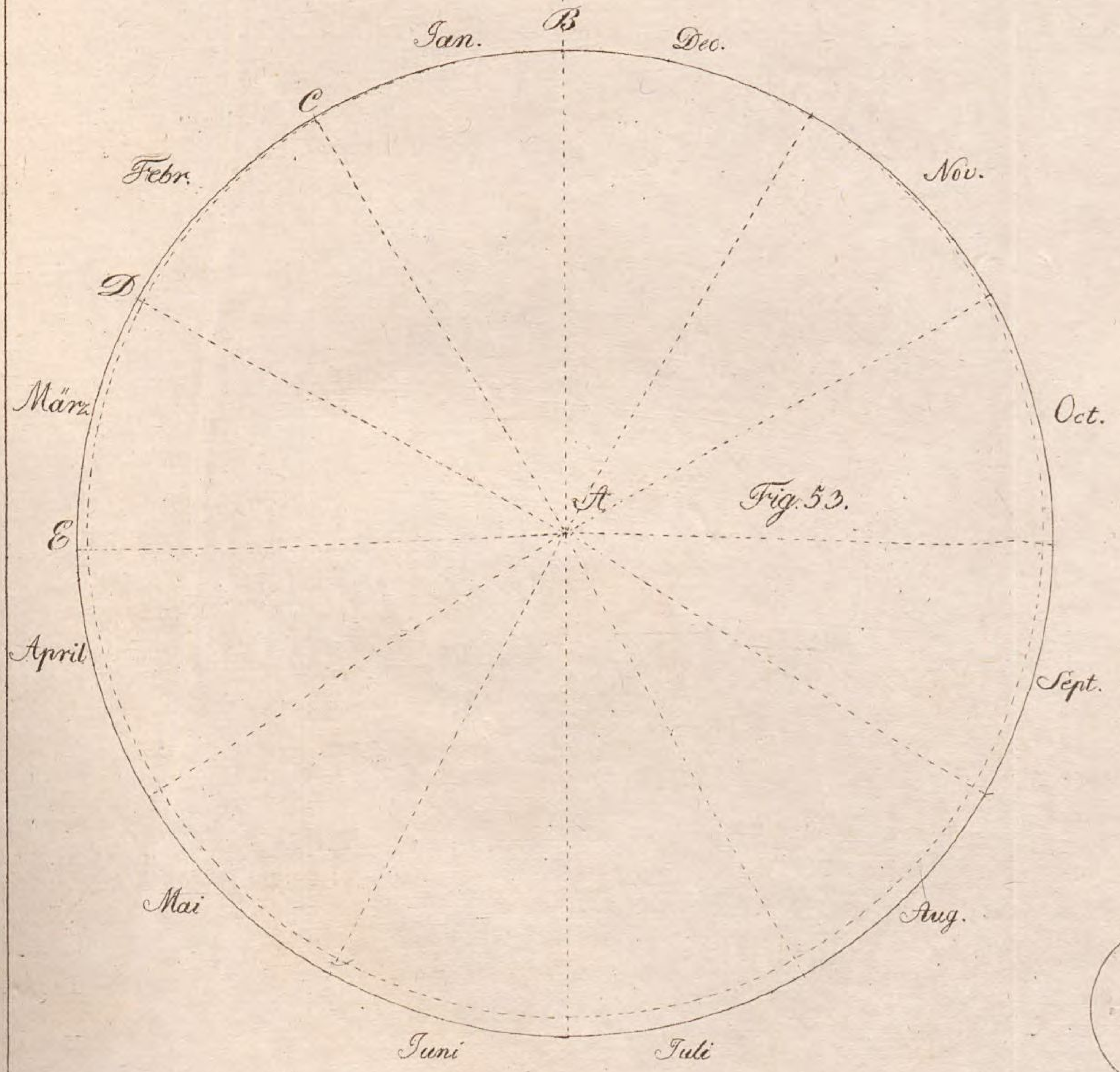


Fig. 53.

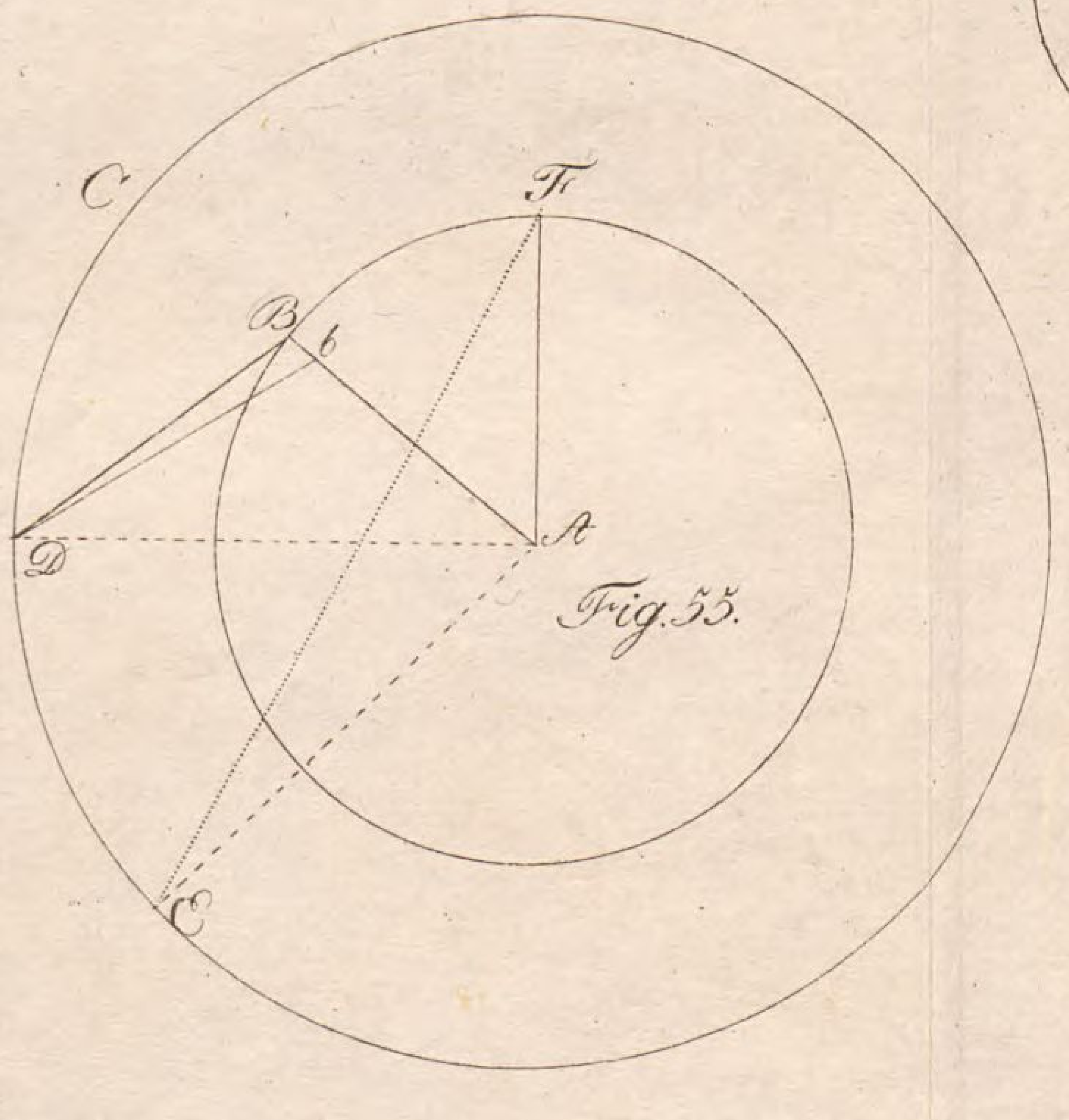


Fig. 55.

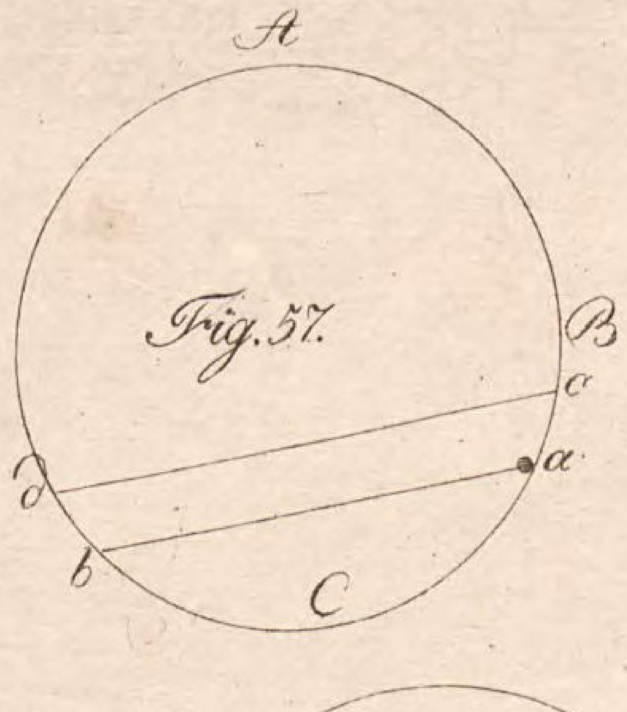


Fig. 57.

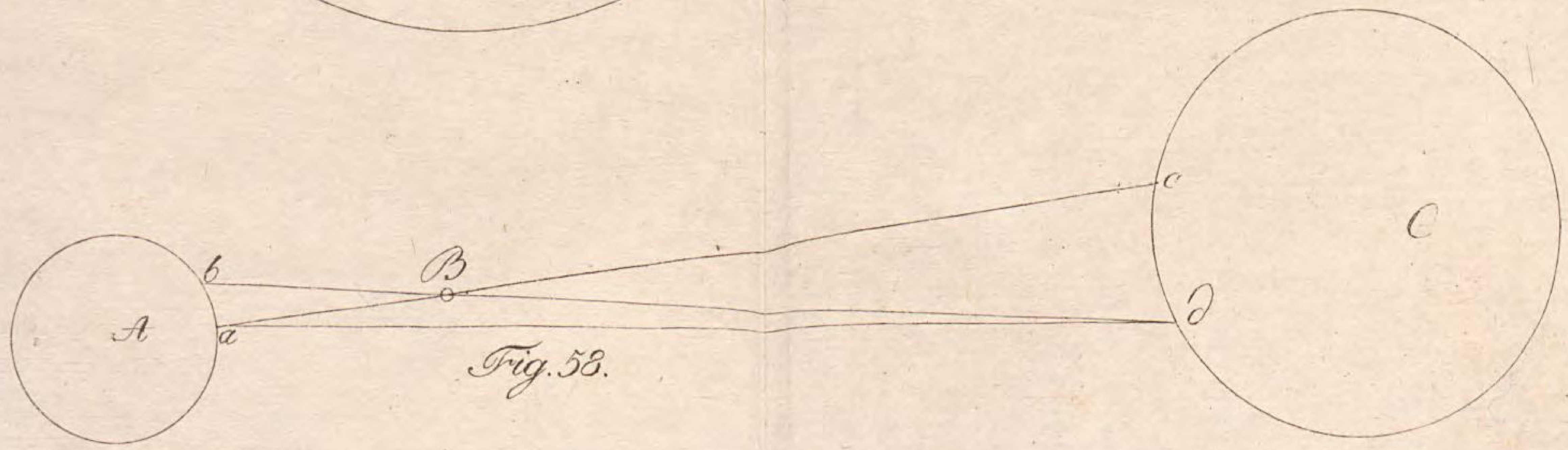


Fig. 58.

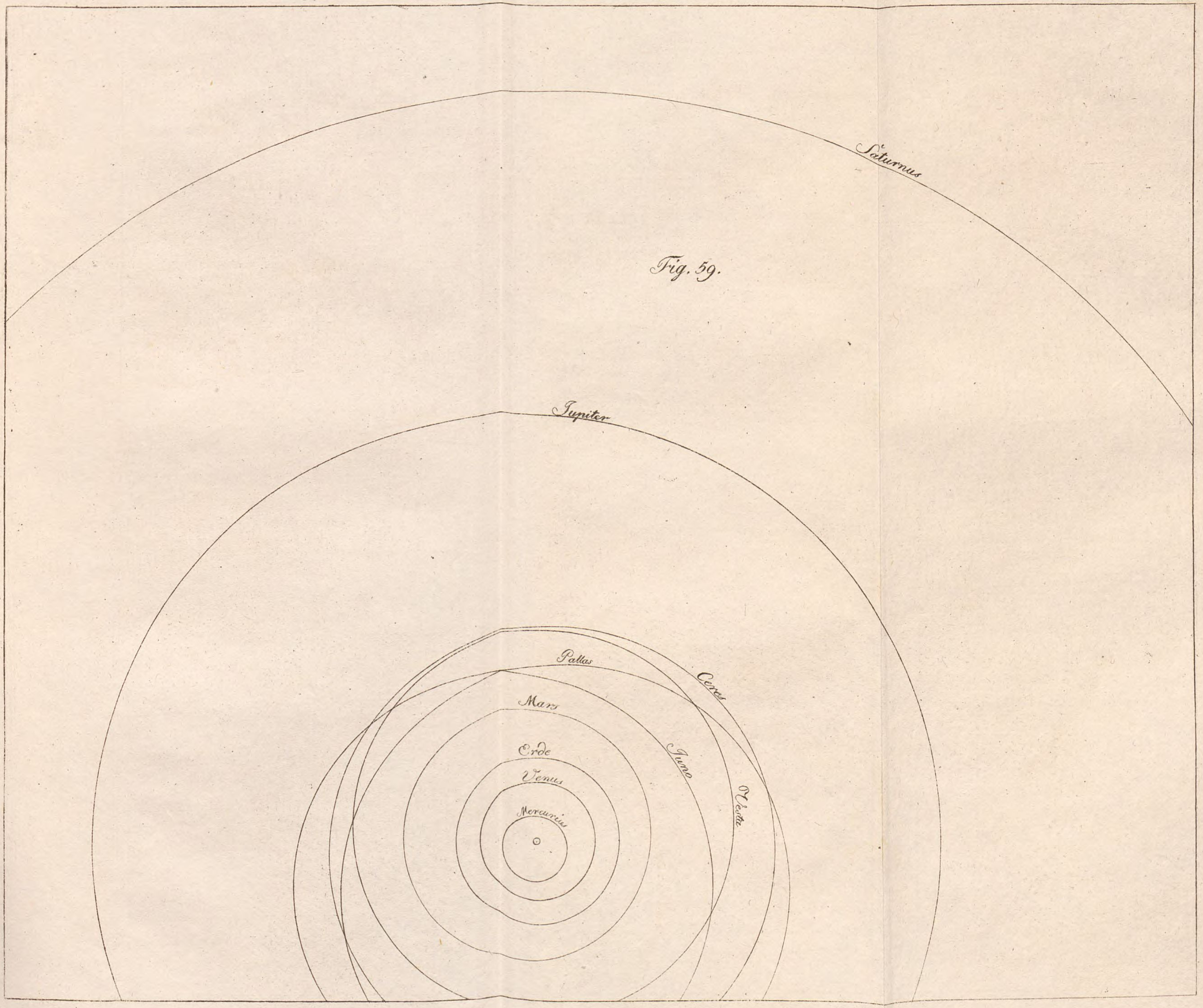

Saturnus
Jupiter
Pallas
Ceres
Mars
Erde
Juno
Venus
Vesta
Mercurius

Fig. 59.

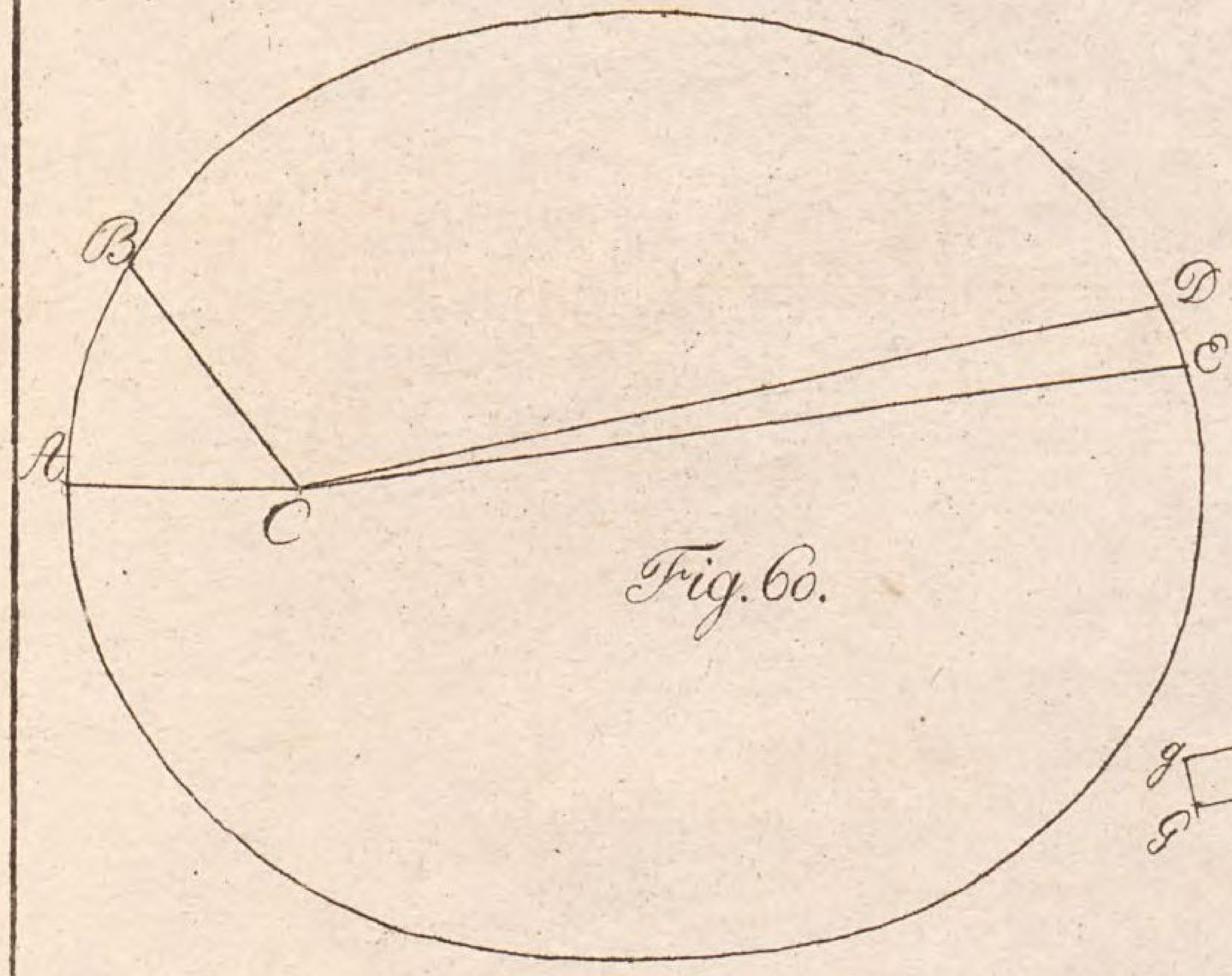


Fig. 60.

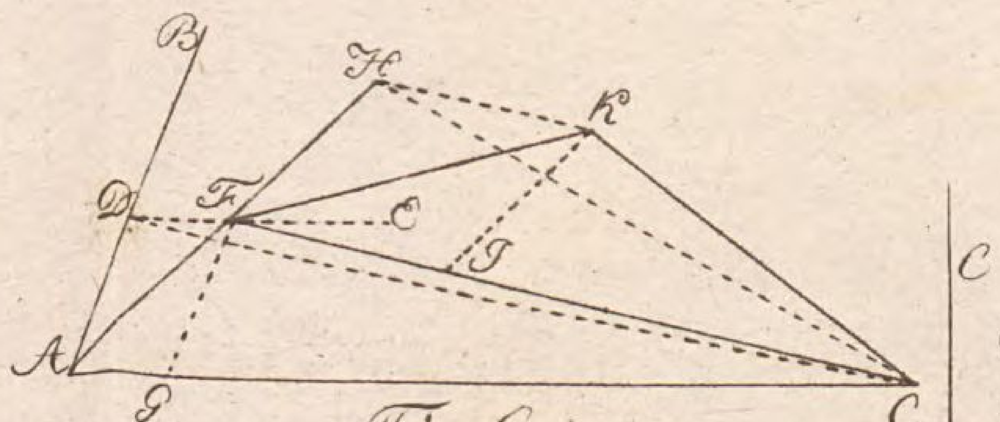


Fig. 61.

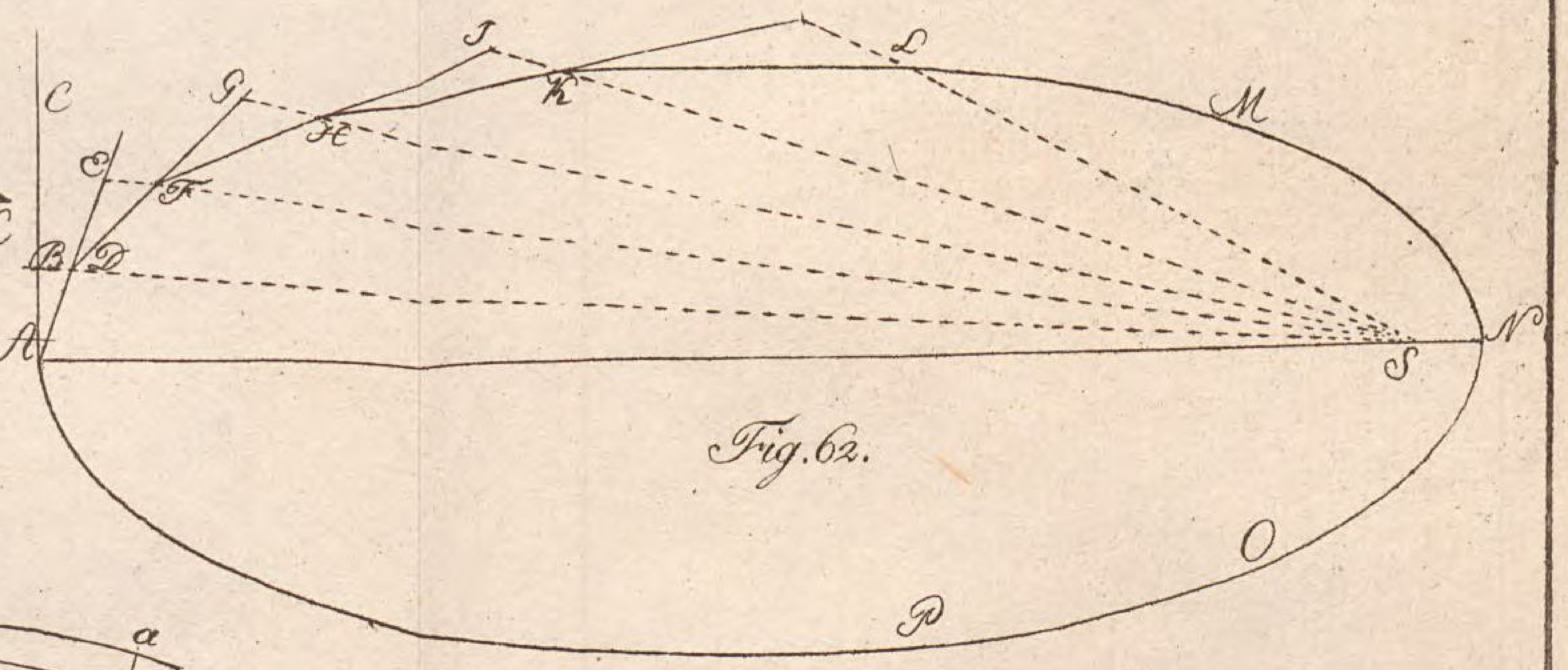


Fig. 62.

Fig. 64.

Fig. 63.

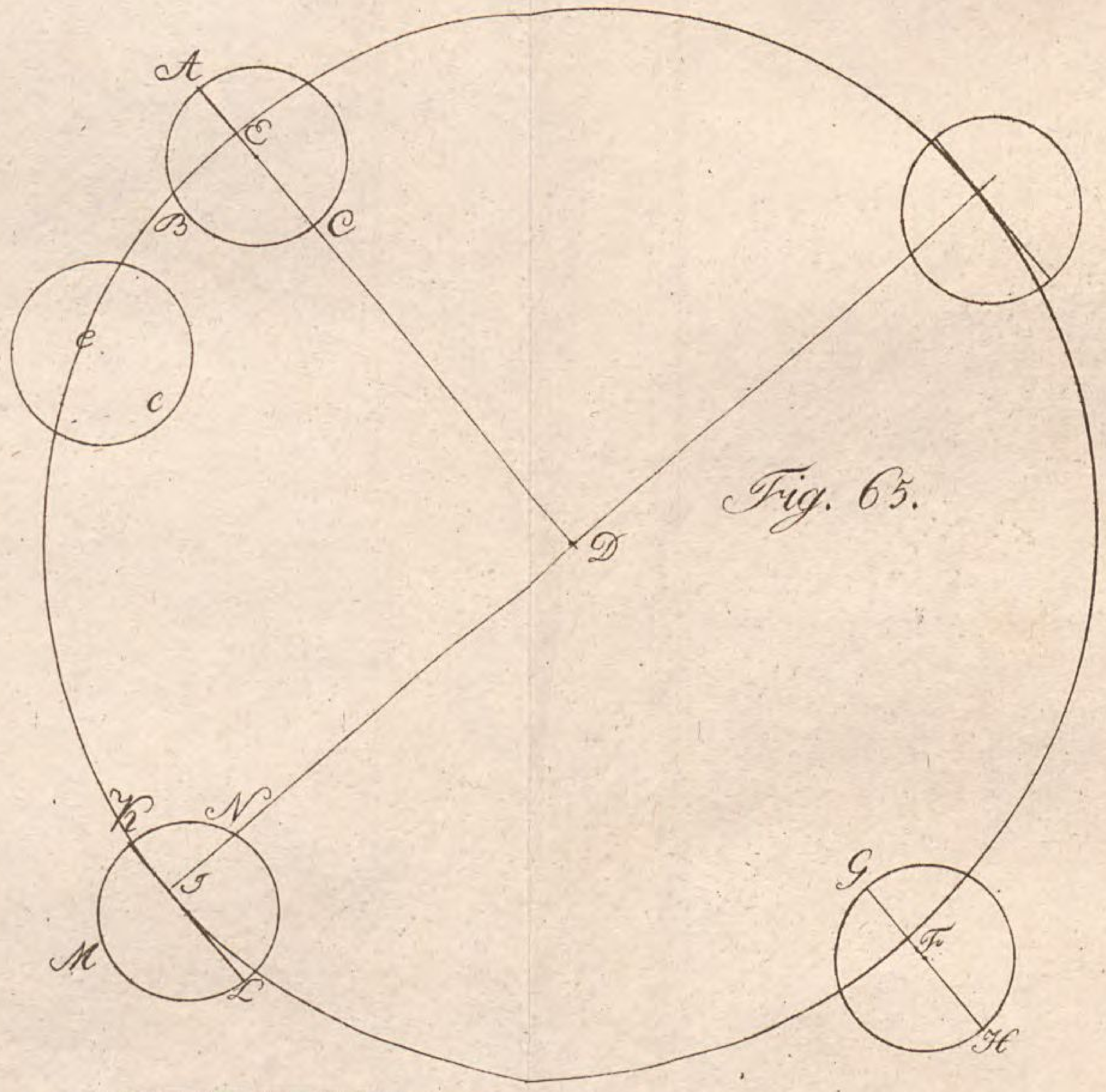


Fig. 65.

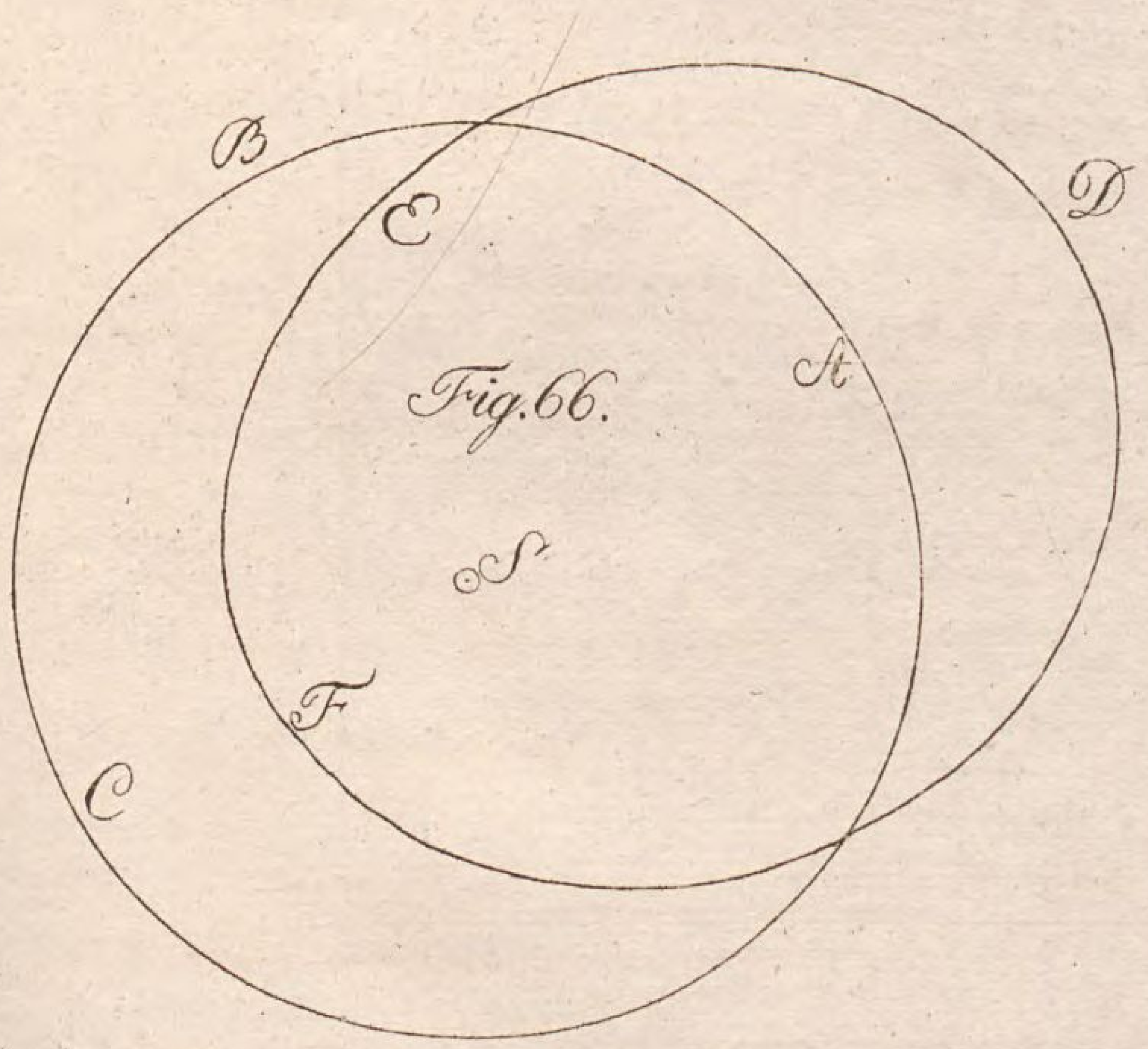


Fig. 66.

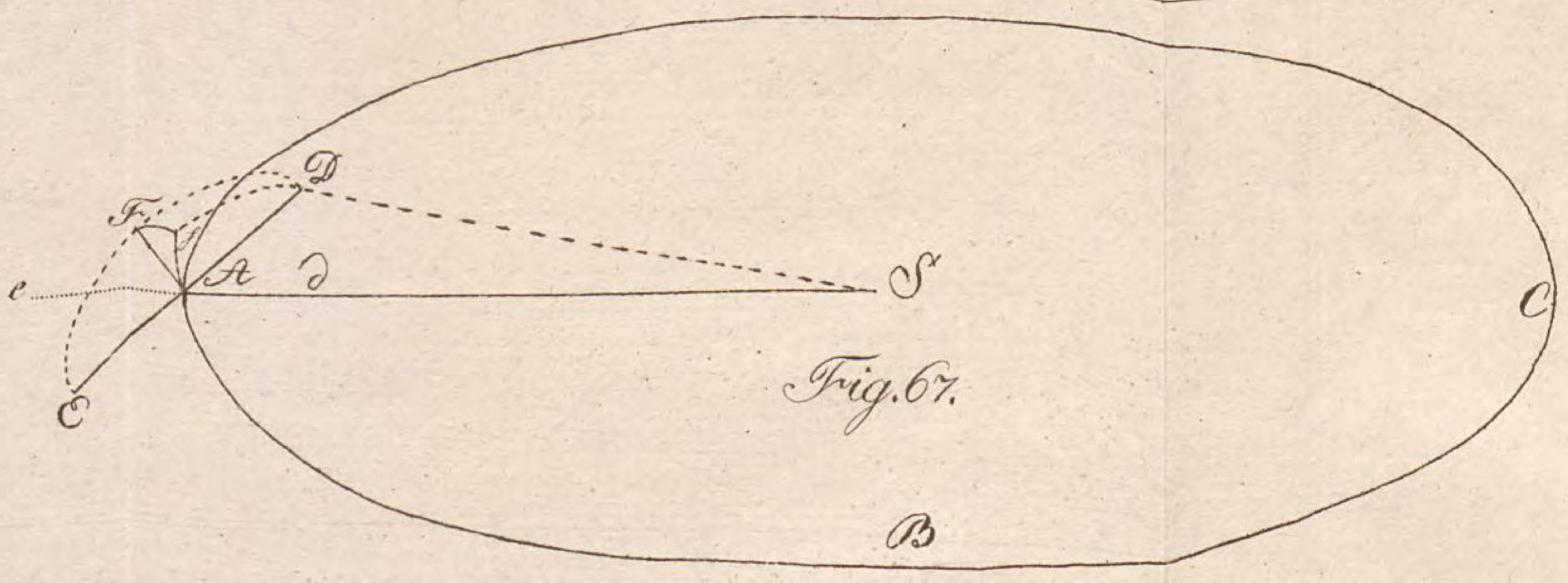


Fig. 67.

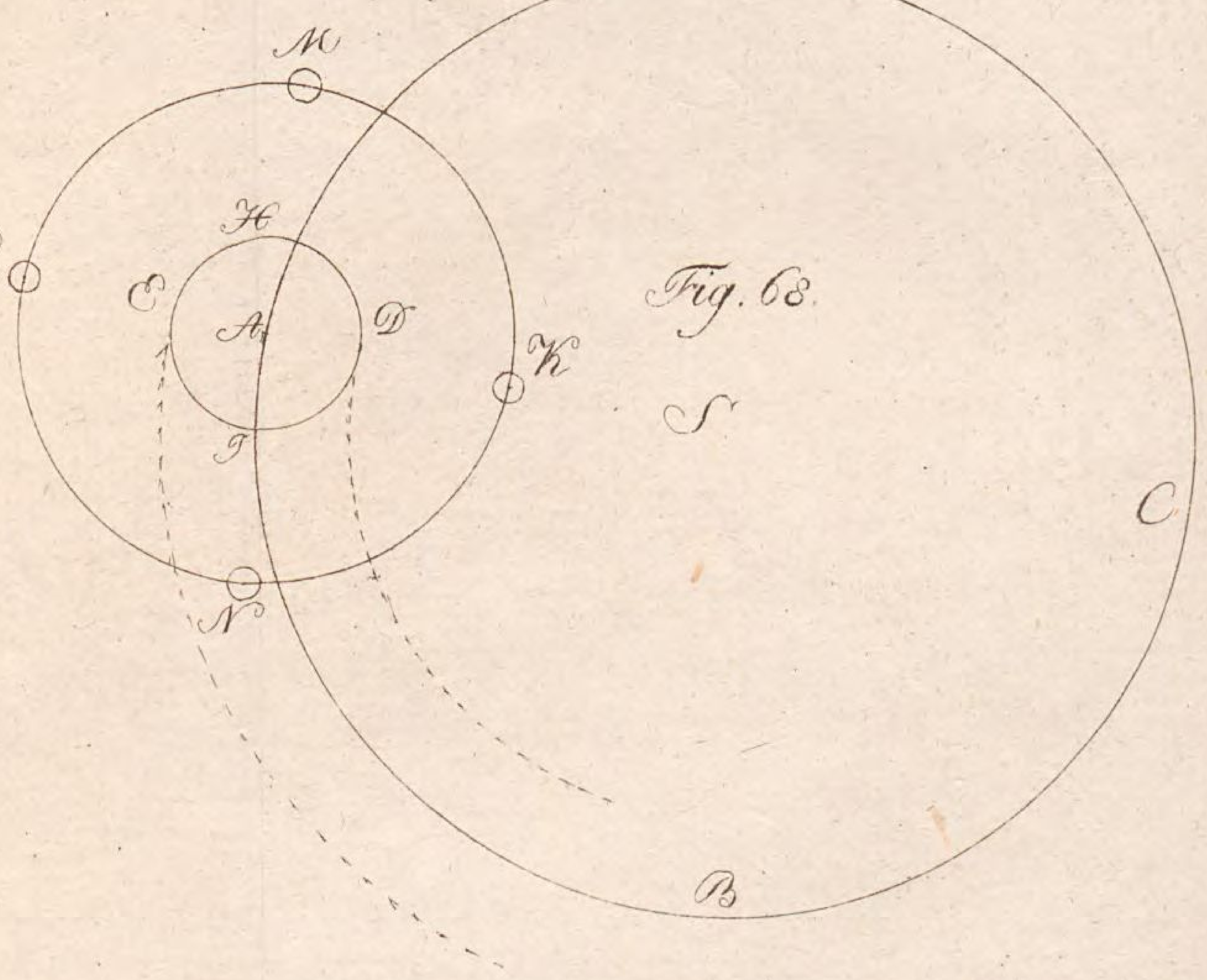


Fig. 68.

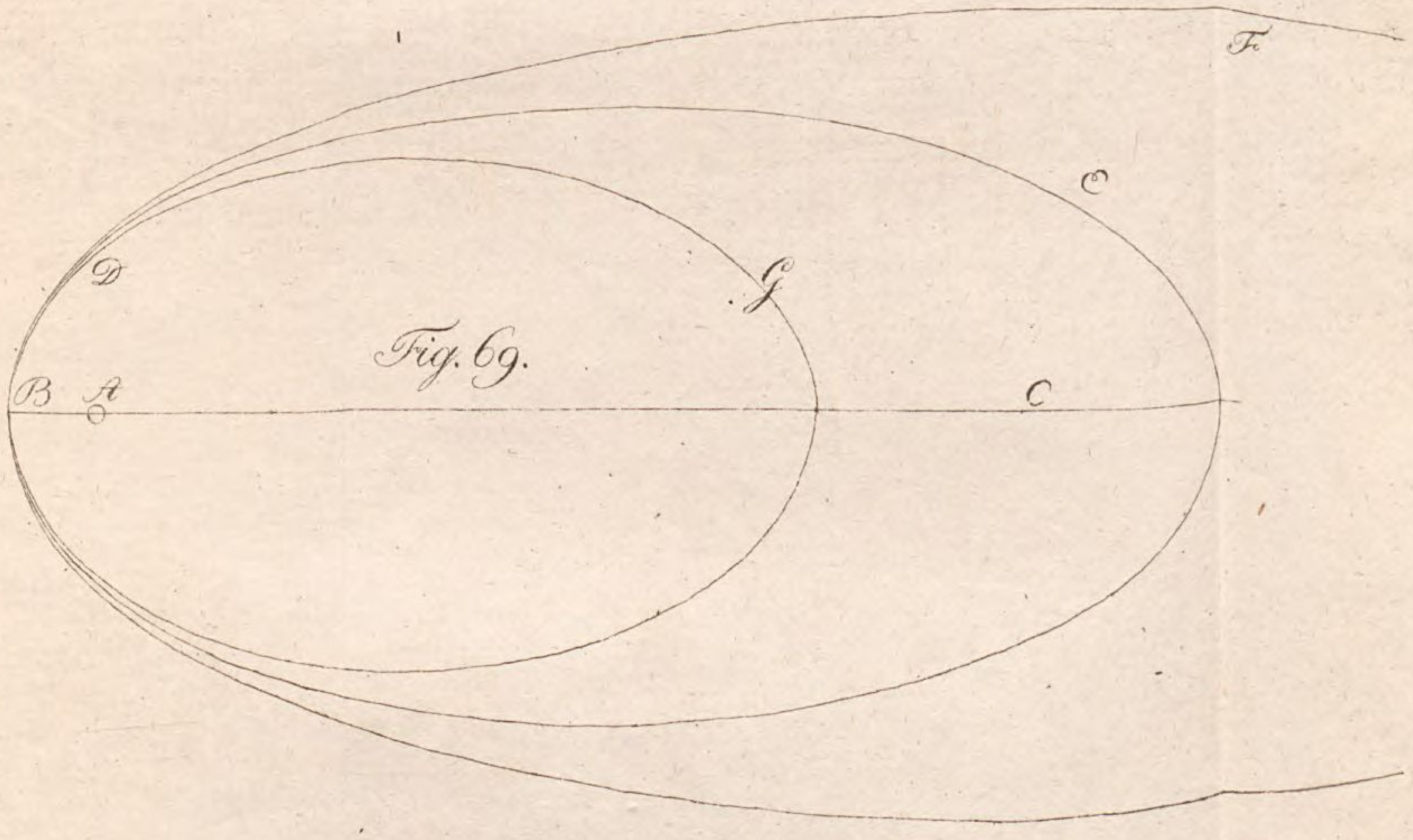


Fig. 69.

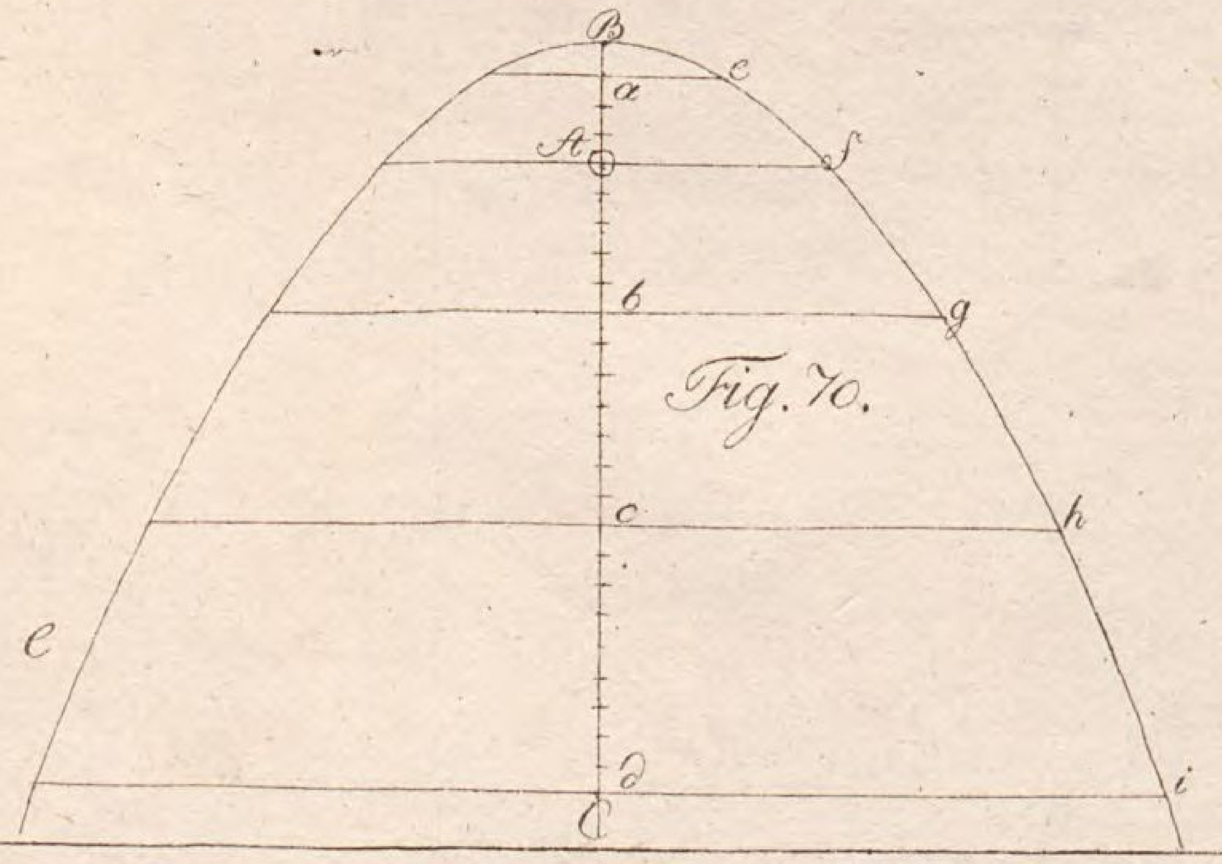


Fig. 70.

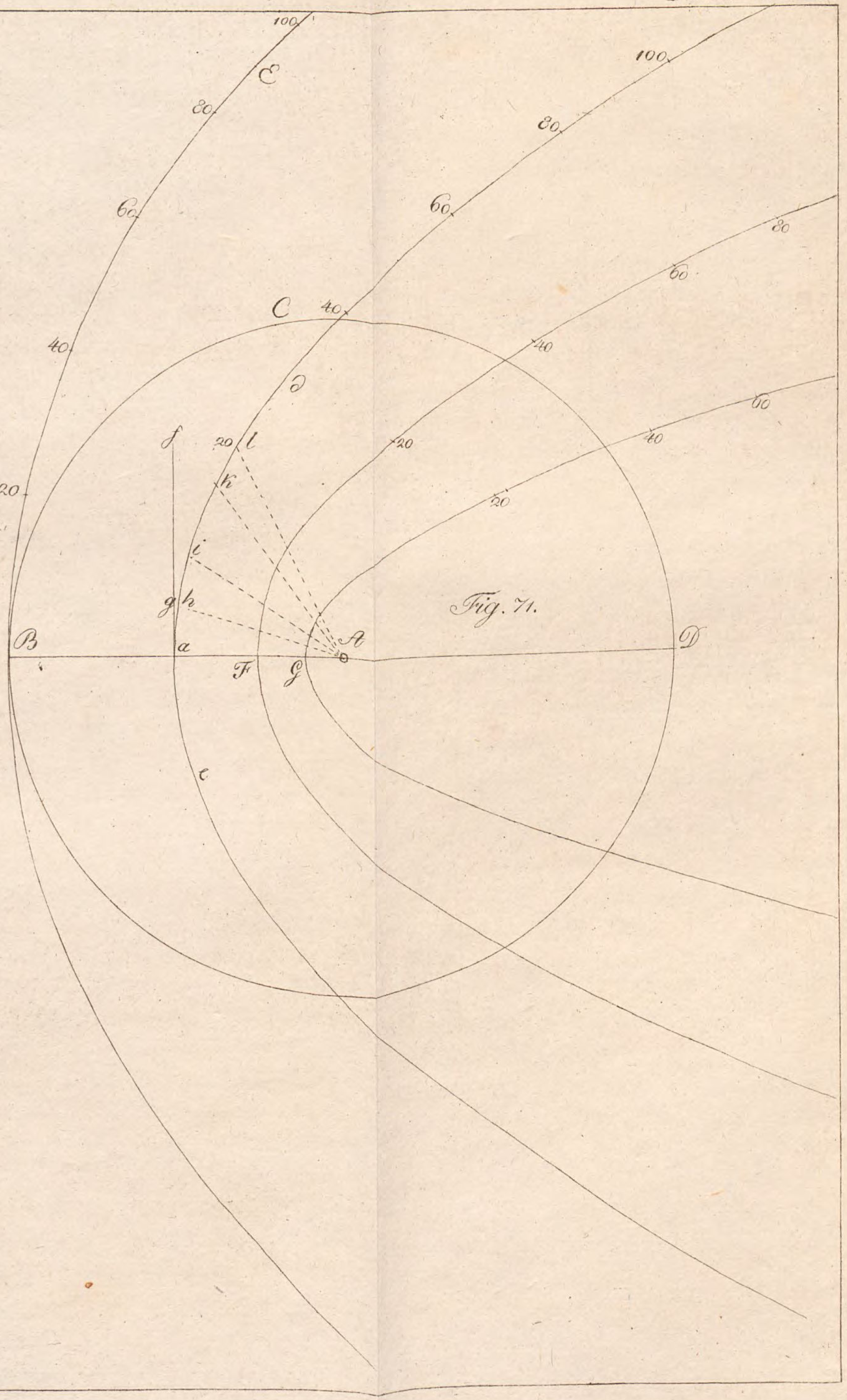


Fig. 71.

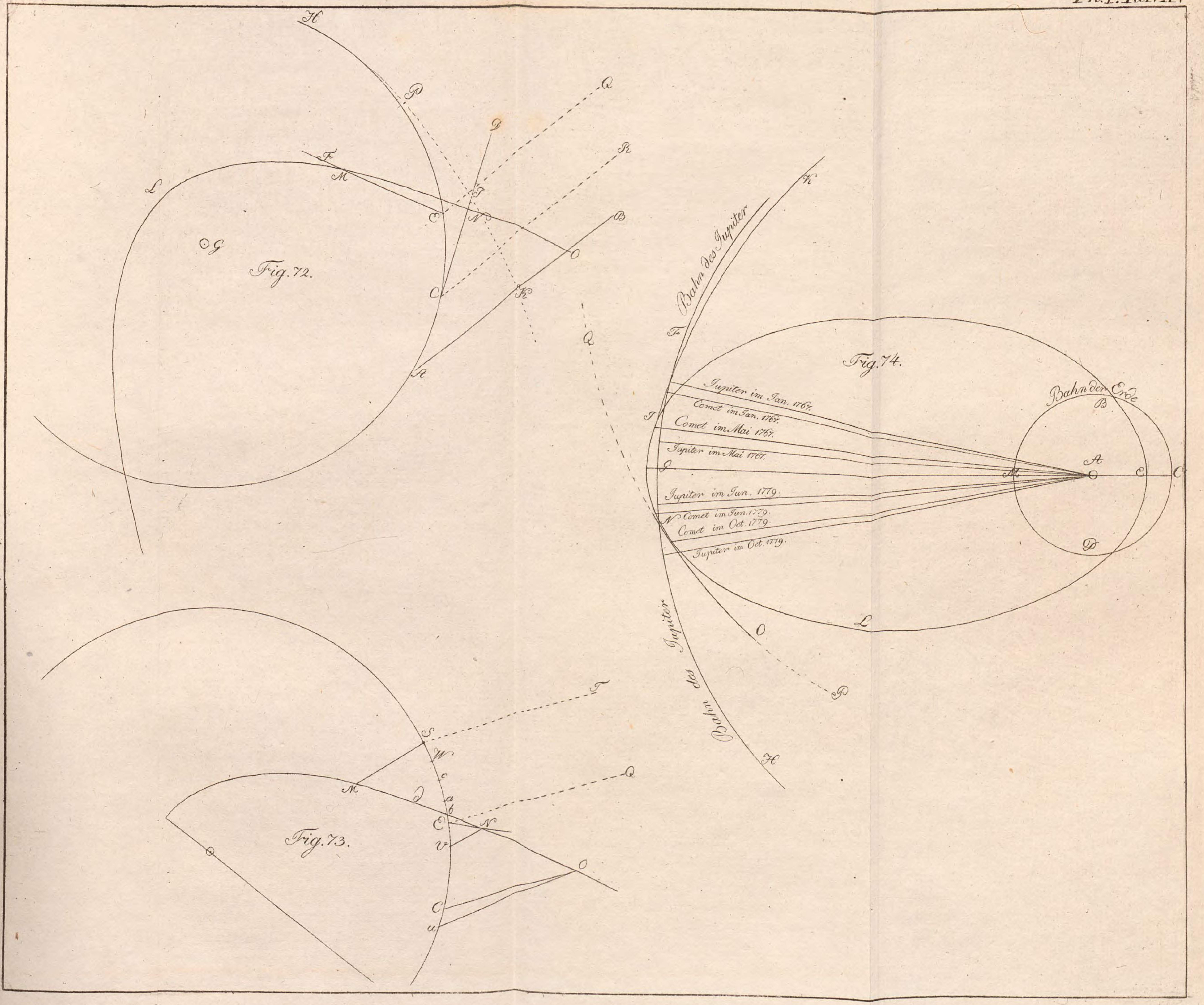
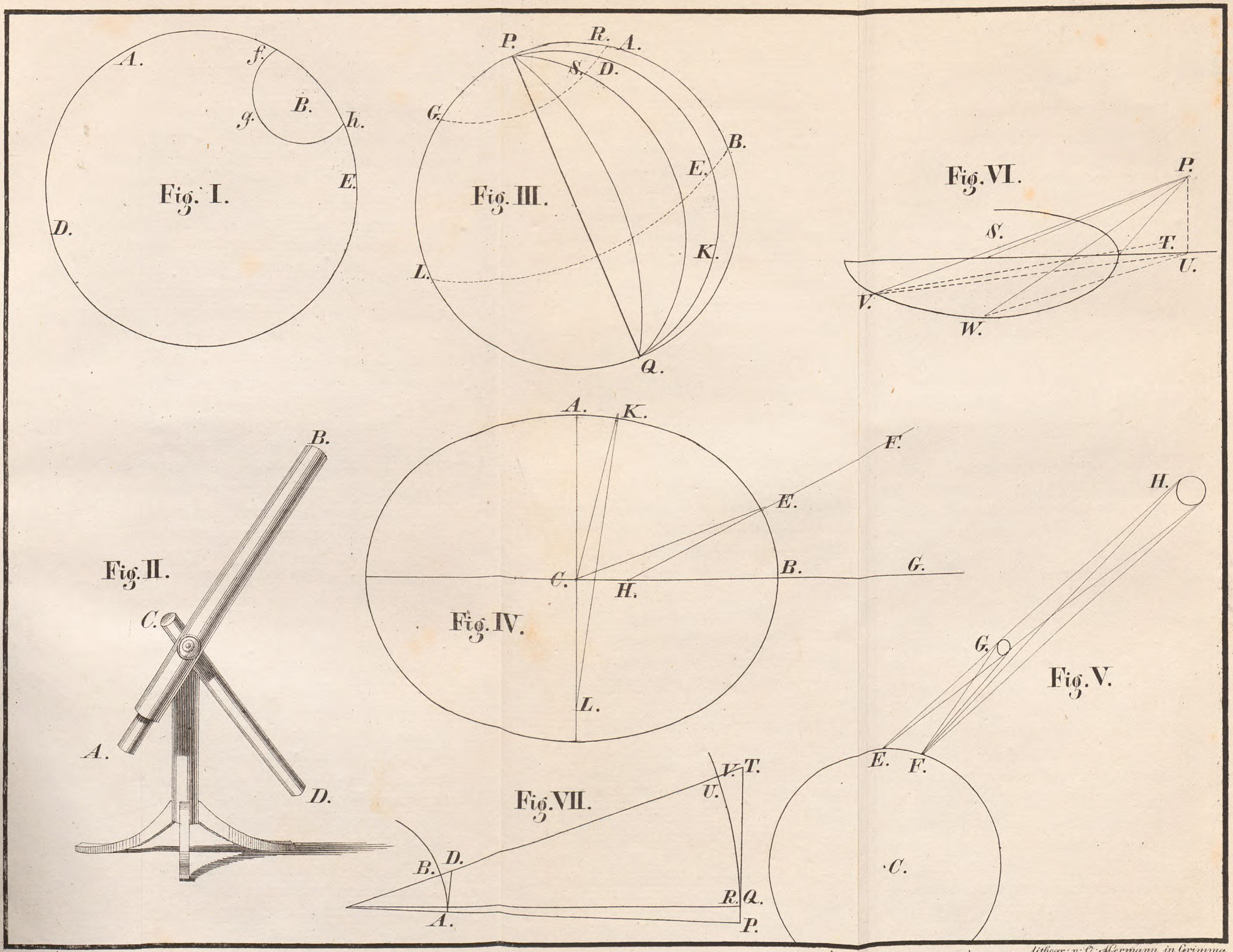


Fig. 72.
Fig. 73.
Fig. 74.
Bahn des Jupiter
Bahn der Erde
Jupiter im Jan. 1767.
Comet im Jan. 1767.
Comet im Mai 1767.
Jupiter im Mai 1767.
Jupiter im Jun. 1779.
Comet im Jun. 1779.
Comet im Oct. 1779.
Jupiter im Oct. 1779.
Bahn des Jupiter



Lithogr. v. C. Hermann in Grimma.

turnus

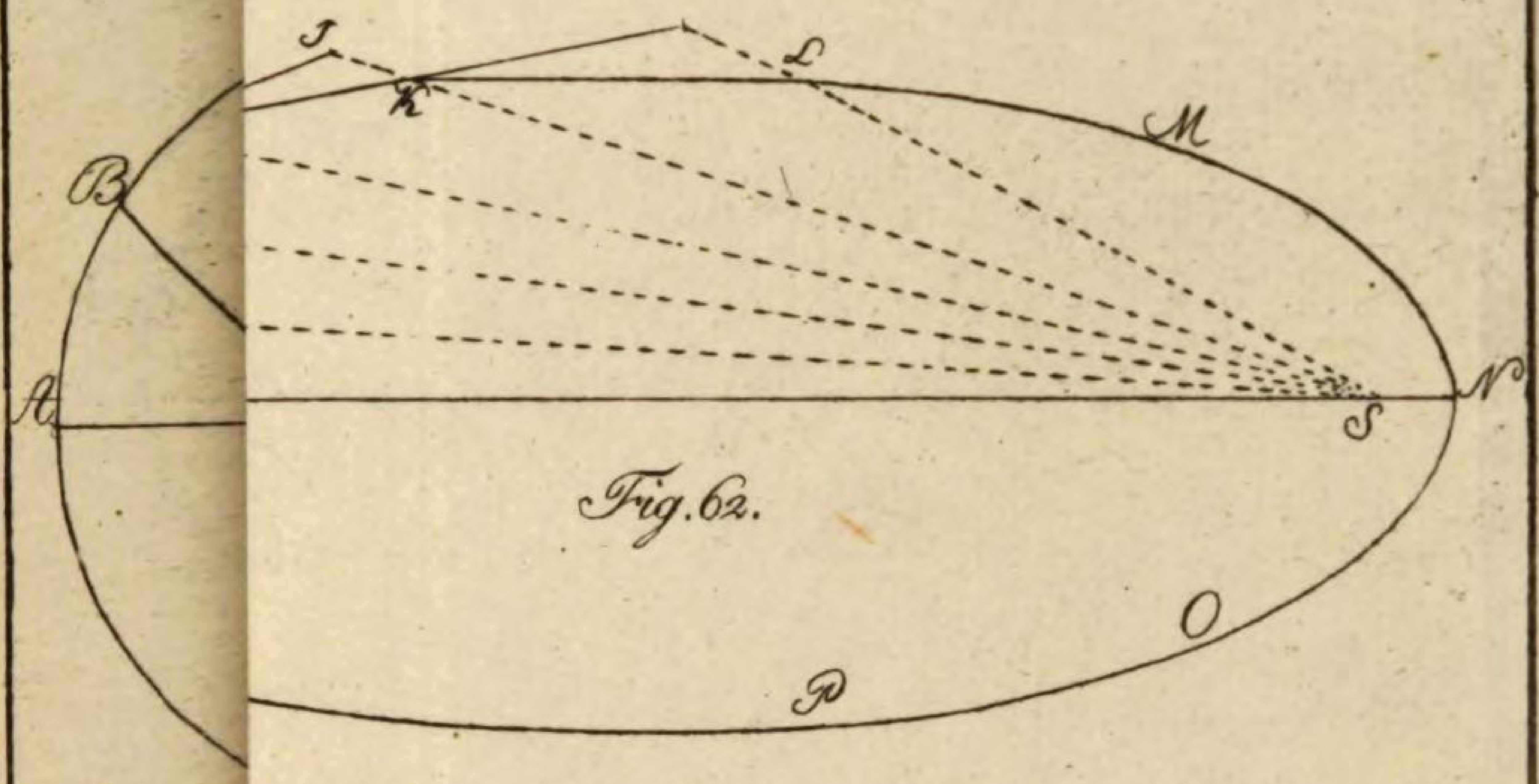


Fig. 62.

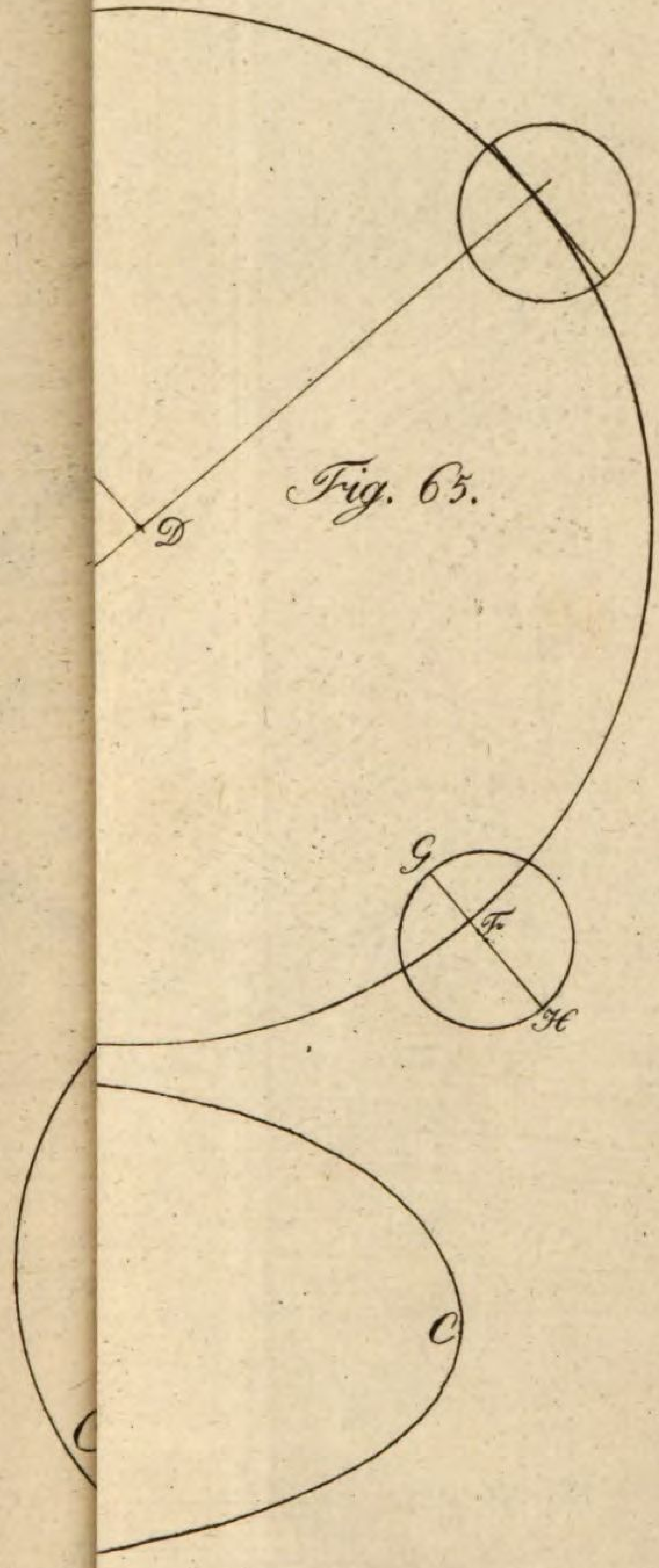


Fig. 65.

Fig. 71.

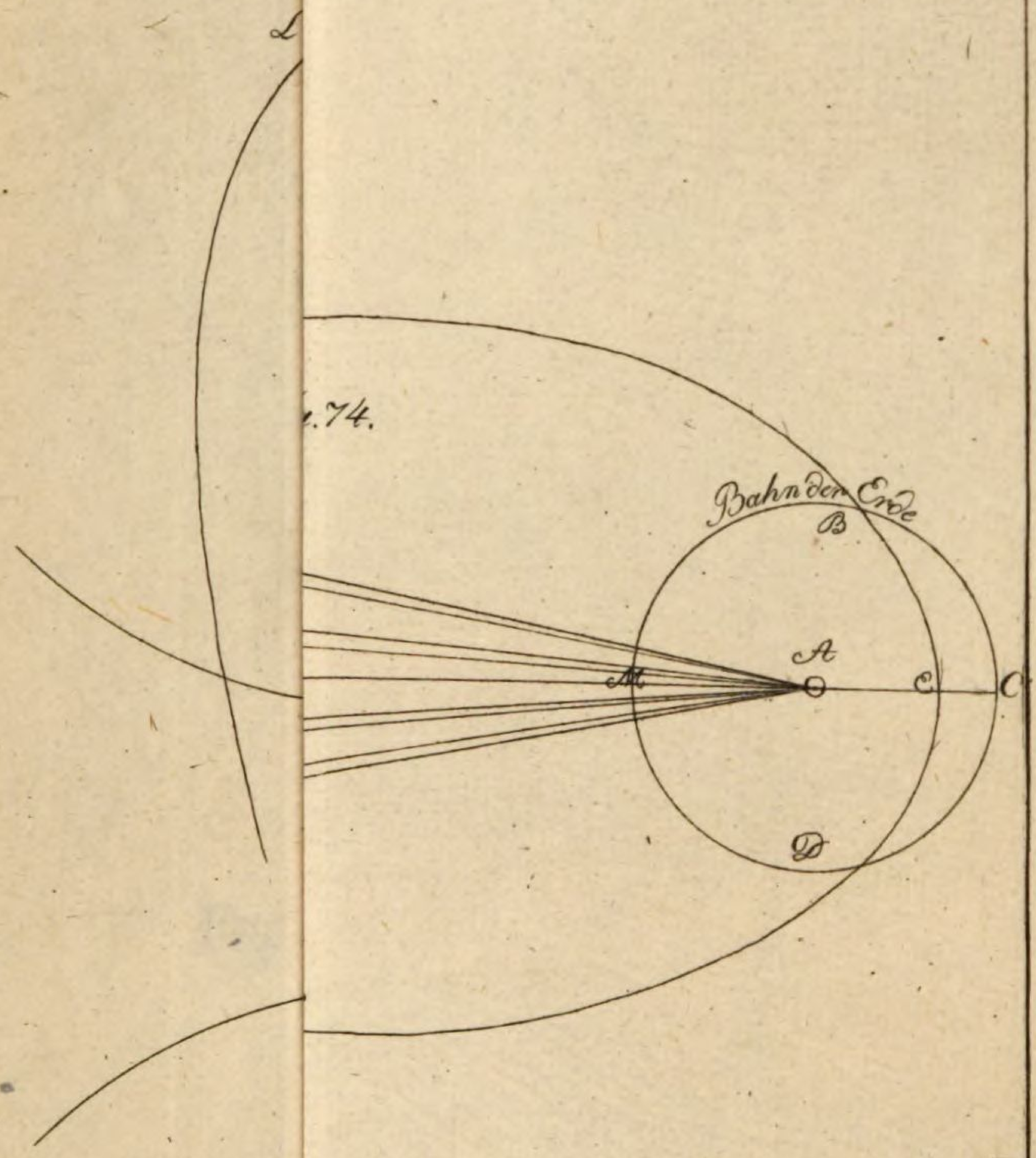

L
.74.
Bahn der Erde
B
A
M
C
C
D

Fig. VI.

Fig. V.

lithogr: v: O: Hermann in Grimma.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Brandes, Heinrich Wilhelm,

Vorlesungen über die Astronomie zur Belehrung derjenigen, denen es an mathematischen Vorkenntnissen fehlt

Bd.: 1

Leipzig (1827)

Astr.u. 35 b-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060876-8